



UniCEUB – Centro Universitário de Brasília  
FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas  
Curso de Engenharia de Computação

## **SISTEMA DE TRAVAMENTO AUTOMÁTICO DE CÂMBIOS PARA CARROS COM IDENTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE BIOMETRIA DIGITAL**

Rodrigo de Souza Borges  
RA: 2046604/3

Brasília – DF  
1º semestre de 2009

**RODRIGO DE SOUZA BORGES**

**SISTEMA DE TRAVAMENTO AUTOMÁTICO DE CÂMBIOS PARA  
CARROS COM IDENTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE BIOMETRIA DIGITAL**

Monografia apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas para conclusão do curso de Engenharia de Computação.

Orientador: Thiago de Miranda Leão Toribio

Brasília – DF  
1º semestre de 2009

**RODRIGO DE SOUZA BORGES**

# **SISTEMA DE TRAVAMENTO AUTOMÁTICO DE CÂMBIOS PARA CARROS COM IDENTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE BIOMETRIA DIGITAL**

Monografia apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas para conclusão do curso de Engenharia de Computação.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Thiago de Miranda Leão Toribio

---

Luis Cláudio Lopes de Araújo

---

Carmo Gonçalves

Brasília, 29 de Junho de 2009

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, pelo apoio, incentivo e paciência.

Ao meu colega Paulo Alexandre, pela ajuda inicial na montagem dos circuitos e na aquisição de componentes.

Ao meu colega Fernando Valadares, pelo apoio e incentivo.

Ao meu colega João Henrique, por tirar algumas dúvidas referentes às funções do *Assembly*.

Ao meu orientador Thiago Toribio, por ser criterioso, por cobrar resultados e por sua disponibilidade.

## RESUMO

Este projeto consiste no desenvolvimento de um protótipo onde ocorre a automatização do processo de travamento de um câmbio para veículos com o uso da biometria de impressão digital. Para seu funcionamento é utilizado o módulo FIM3030HV (Nitgen) para o processo de cadastramento, identificação e deleção das digitais; o controle do sistema é efetuado pelo microcontrolador AT89S8253, da família 8051, e a simulação da movimentação da trava realiza-se através de um motor de passo. Por fim, a linguagem utilizada para a programação é o *Assembly*.

Palavras chave: Biometria por impressão digital, motor de passo, microcontrolador 8051, módulo FIM3030 HV.

## **ABSTRACT**

This project consists in the development of a prototype which is the automation of the process of locking a gearshift for vehicles with the use of fingerprint biometric. For its operation the module FIM3030HV (Nitgen) is used to the process of enrollment, identification and deletion of digitals; the control system is performed by microcontroller AT89S8253, family 8051, and the simulation of lock's handling is held by a stepper motor. Finally, the language used for programming is Assembly.

Key words: Fingerprint biometric, stepper motor, microcontroller 8051, module FIM3030 HV.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – SISTEMA DESENVOLVIDO PARA RECONHECIMENTO DAS VEIAS DOS DEDOS .....  | 17 |
| FIGURA 2 – DISPOSITIVO BIOMÉTRICO PARA IMPRESSÕES DIGITAIS FABRICADO PELA INSUL-FILM .   | 18 |
| FIGURA 3 – PRODUTO DA UNITED LINKERS PARA RECONHECIMENTO ATRAVÉS DO OLHO .....   | 19 |
| FIGURA 4 – EVOLUÇÃO DA AUTENTICAÇÃO AO LONGO DOS ANOS.....   | 26 |
| FIGURA 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS BIOMÉTRICOS .....   | 30 |
| FIGURA 6 – COMPARAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE TECNOLOGIAS BIOMÉTRICAS.....   | 30 |
| FIGURA 7 – COMPARAÇÃO ENTRE UMA IMAGEM COM A DIGITAL OBTIDA ATRAVÉS DE TINTA (A) E<br>UMA FEITA EM TEMPO REAL USANDO UM SENSOR BIOMÉTRICO (B)..... | 31 |
| FIGURA 8 – CARACTERÍSTICAS PRESENTES EM UMA IMPRESSÃO DIGITAL .....  | 32 |
| FIGURA 9 – MÓDULO FIM3030HV .....  | 43 |
| FIGURA 10 – PONTOS CRUCIAIS PARA O RECONHECIMENTO DA DIGITAL .....   | 44 |
| FIGURA 11 – DESCRIÇÃO DOS PINOS DO CONECTOR DB9 .....  | 46 |
| FIGURA 12 – CIRCUITO PARA LIGAÇÃO DO MÓDULO À FONTE E AO COMPUTADOR.....   | 47 |
| FIGURA 13 – PROGRAMA EVTOOLS, DA NITGEN .....  | 47 |
| FIGURA 14 – KIT8051XN - KIT8051XN – MÓDULO PROFISSIONAL AT89S8253 ATMEL.....   | 50 |
| FIGURA 15 - MODO DE OPERAÇÃO FULL-STEP MODO 2.....   | 55 |
| FIGURA 16 - MODO DE OPERAÇÃO HALF-STEP .....   | 55 |
| FIGURA 17 - MOTOR DE PASSO SM1.8-A16-SE .....  | 57 |
| FIGURA 18 - ULN2003.....   | 58 |
| FIGURA 19 – PROTÓTIPO DESENVOLVIDO PARA O PROJETO .....  | 59 |
| FIGURA 20: DEFINIÇÕES DE TERMOS.....   | 61 |
| FIGURA 21: INÍCIO DO PROGRAMA .....  | 63 |
| FIGURA 22: ROTINAS DE LEITURA DE TECLAS .....  | 64 |
| FIGURA 23: ROTINA DE VALIDAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO .....  | 65 |
| FIGURA 24: MENSAGENS DE IDENTIFICAÇÃO A SEREM ESCRITAS.....  | 67 |
| FIGURA 25: ACIONAMENTO DO MOTOR .....  | 68 |
| FIGURA 26: ACIONAMENTO HORÁRIO E ANTI-HORÁRIO .....  | 69 |
| FIGURA 27: CONFIGURAÇÃO DO LCD.....  | 70 |
| FIGURA 28: ENVIO DE INSTRUÇÃO.....   | 71 |
| FIGURA 29: ESCRITA NO LCD.....   | 71 |
| FIGURA 30: ESCRITA DA MENSAGEM .....   | 72 |
| FIGURA 31: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA O MOTOR .....   | 73 |
| FIGURA 32: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA O LCD .....   | 73 |
| FIGURA 33: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA AS MENSAGENS .....  | 74 |
| FIGURA 34: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA O CONTADOR .....  | 74 |
| FIGURA 35: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA O SENSOR NA ETAPA DE CADASTRO .....   | 75 |
| FIGURA 36: MENSAGENS DO LCD .....  | 75 |
| FIGURA 37: CONTADOR DE DIGITAIS CADASTRADAS .....  | 76 |
| FIGURA 38: CONTADOR DE DIGITAIS APAGADAS .....   | 77 |
| FIGURA 39: SUB-ROTINA DE ATRASO PARA O CONTADOR .....  | 78 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 – MODELOS DE CARROS MAIS ROUBADOS NO BRASIL .....    | 14 |
| TABELA 2 – ESPECIFICAÇÃO DO MÓDULO FIM3030HV.....             | 43 |
| TABELA 3 – DESCRIÇÃO DOS PINOS DO MÓDULO FIM3030 HV .....     | 45 |
| TABELA 4 - MODO DE OPERAÇÃO FULL-STEP MODO 1.....             | 54 |
| TABELA 5 - MODO DE OPERAÇÃO FULL-STEP MODO 1 EM BINÁRIO. .... | 54 |
| TABELA 6 - MODO DE OPERAÇÃO FULL-STEP MODO 2 EM BINÁRIO. .... | 55 |
| TABELA 7 - MODO DE OPERAÇÃO HALF-STEP. ....                   | 56 |
| TABELA 8 - REGISTRO DOS TESTES EFETUADOS NO PROTÓTIPO .....   | 79 |
| TABELA 9 - ESTATÍSTICA DE SUCESSOS E FALHAS NAS FUNÇÕES ..... | 80 |



## **LISTA DE SIGLAS**

2D – 2 Dimensões

AFIS – Automated Fingerprint Identification Systems (Sistema de Identificação Automatizada da Impressão Digital)

ATM – Automated Teller Machine (Terminais de Auto-Atendimento)

CI – Circuito Integrado

CPU – Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento)

EN – Enable (Habilitar)

FBI – Federal Bureau of Investigation (Escritório Federal de Investigação)

FIM – Fingerprint Identification Module (Módulo de Identificação por Impressão Digital)

GND – Ground (Terra)

HV – High Voltage (Alta Tensão)

LCD – Liquid Crystal Display (Tela de Cristal Líquido)

LED – Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

LV – Low Voltage (Baixa Tensão)

NEMA - National Electrical Manufacturers Association (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos)

PDA – Personal Digital Assistant (Assistente Digital Pessoal)

PIN – Personal Identification Number (Número de Identificação Pessoal)

RAM – Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)

RS – Register Select (Seletor de Registro)

RS-232 - Recommended Standard 232 (Padrão Recomendado Número 232)

Rx (RXD) – Receiving Signal (Sinal Recebido)

Tx (TXD) – Transmitting Signal (Sinal Transmitido)

VCC – Positive Supply Voltage (Tensão de Alimentação Positiva)

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>  | <b>11</b> |
| 1.1 MOTIVAÇÃO   | 12        |
| 1.2 OBJETIVO GERAL  | 12        |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | 12        |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO   | 13        |
| <b>2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA</b>                                    | <b>14</b> |
| 2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E CENÁRIO ATUAL                         | 14        |
| 2.2 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA APLICADOS EM VEÍCULOS                   | 15        |
| 2.2.1 Sistema de alarme com transmissor remoto                        | 15        |
| 2.2.2 Trava mult-lock   | 16        |
| 2.2.3 Trava de segurança antifurto                                    | 16        |
| 2.2.4 Biometria aplicada em veículos                                  | 16        |
| 2.3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA                               | 20        |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>   | <b>21</b> |
| 3.1 BIOMETRIA   | 21        |
| 3.1.1 Como funciona a Biometria                                       | 22        |
| 3.1.2 Métodos de Autenticação   | 25        |
| 3.1.3 Características do Sistema Biométrico e Aplicações da Biometria | 26        |
| 3.2 HISTÓRICO DA BIOMETRIA  | 28        |
| 3.3 TIPOS DE BIOMETRIA  | 29        |
| 3.3.1 Impressão Digital (Sistema Biométrico Fisiológico)              | 31        |
| 3.3.2 Palma (Sistema Biométrico Fisiológico)                          | 34        |
| 3.3.3 Íris (Sistema Biométrico Fisiológico)                           | 35        |
| 3.3.4 Retina (Sistema Biométrico Fisiológico)                         | 35        |
| 3.3.5 Face (Sistema Biométrico Fisiológico)                           | 36        |
| 3.3.6 Assinatura (Sistema Biométrico Comportamental)                  | 37        |
| 3.3.7 Voz (Sistema Biométrico Comportamental)                         | 38        |
| 3.3.8 Modo de andar (Sistema Biométrico Comportamental)               | 39        |
| 3.3.9 Modo de digitar (Sistema Biométrico Comportamental)             | 40        |
| <b>4. IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE</b>                                   | <b>41</b> |
| 4.1 MÓDULO FIM3030 HV   | 41        |
| 4.1.1 Funcionamento do Módulo FIM3030 HV                              | 44        |
| 4.1.2 Procedimento para ligar o módulo                                | 45        |
| 4.2 MICROCONTROLADOR 8051   | 48        |
| 4.3 MOTOR DE PASSO  | 50        |
| 4.3.1 Características dos motores de passo                            | 52        |
| 4.3.2 Estados do motor de passo                                       | 53        |
| 4.3.3 Modos de operação de um motor de passo                          | 53        |
| 4.3.4 Características do Motor de Passo Adquirido                     | 56        |
| 4.4 ULN2003   | 57        |
| 4.5 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE                                       | 58        |
| <b>5. IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE</b>                                   | <b>61</b> |
| 5.1 DEFINIÇÕES DE TERMOS  | 61        |
| 5.2 INÍCIO DO PROGRAMA  | 62        |
| 5.3 ROTINAS DE LEITURA DE TECLAS                                      | 64        |
| 5.4 ROTINAS DE VALIDAÇÃO DE OPERAÇÕES                                 | 65        |
| 5.5 MENSAGENS A SEREM ESCRITAS  | 66        |
| 5.6 ACIONAMENTO DO MOTOR  | 67        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.7 PROGRAMAÇÃO DO LCD .....                                  | 70         |
| 5.8 SUB-ROTINAS DE ATRASO .....                               | 72         |
| 5.9 MENSAGENS DO LCD .....                                    | 75         |
| 5.10 CONTADOR DE DIGITAIS CADASTRADAS .....                   | 76         |
| 5.11 CONTADOR DE DIGITAIS APAGADAS .....                      | 77         |
| 5.12 CONVERSÃO PARA ASCII .....                               | 78         |
| <b>6. IMPLEMENTAÇÃO E TESTES .....</b>                        | <b>79</b>  |
| 6.1 REGISTROS DOS TESTES .....                                | 79         |
| 6.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS NOS TESTES .....                    | 81         |
| <b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                           | <b>82</b>  |
| 7.1 CONCLUSÃO.....  | 82         |
| 7.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS .....                            | 83         |
| 7.3 TRABALHOS FUTUROS .....                                   | 84         |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                        | <b>85</b>  |
| <b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>                         | <b>87</b>  |
| <b>APÊNDICE A – CÓDIGO EM ASSEMBLY .....</b>                  | <b>88</b>  |
| <b>APÊNDICE B – TABELA DE CUSTOS.....</b>                     | <b>94</b>  |
| <b>APÊNDICE C – TOPOLOGIA DO PROJETO .....</b>                | <b>95</b>  |
| <b>APÊNDICE D – ESQUEMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO .....</b>       | <b>96</b>  |
| <b>ANEXO A – DIMENSÃO DO MÓDULO FIM3030HV.....</b>            | <b>97</b>  |
| <b>ANEXO B – DIMENSÃO DO SENSOR DO MÓDULO FIM3030HV .....</b> | <b>98</b>  |
| <b>ANEXO C – DIMENSÃO DO KIT 8051XN.....</b>                  | <b>99</b>  |
| <b>ANEXO D – DATASHEET DO MOTOR DE PASSO .....</b>            | <b>100</b> |

## 1. Introdução

Ao longo dos anos, a quantidade de carros que trafegam pelas estradas cresce em ritmo acelerado. Todos os dias, novos carros são adquiridos e, juntamente com os carros antigos, aumentam a frota de veículos expostos e sujeitos a serem roubados e furtados.

Muitos proprietários desses veículos contentam-se com o sistema de segurança básico vindo de fábrica. Atualmente, o sistema padrão é o de alarme que funciona via um transmissor remoto e que, através de pulsos de ondas de rádio, liga ou desliga o sistema de alarme. Mas também existem outros dispositivos mais acessíveis que fornecem segurança extra, como travas antifurto e travas *mult-locks*.

Hoje em dia, as mais novas inovações nesse ramo estão no uso da biometria para o incremento da segurança veicular. Porém, esses dispositivos encontram-se inacessíveis para a maior parte da população. Sistemas biométricos digitais estão começando a ser comercializados no Brasil, porém são poucas as empresas que fornecem esse tipo de serviço e as que fornecem cobram alto. Um exemplo é o SID, fabricado pela Insul-Film, que custa mais de R\$1300,00 e é abordado no capítulo 2. Outros tipos de sistemas biométricos são comercializados, porém quanto maior a dificuldade e complexidade para criação do dispositivo e do algoritmo, juntamente com o tipo de biometria que é utilizada (como impressão digital, reconhecimento das veias e reconhecimento da íris), mais caro é o sistema. Por exemplo, o Retinasafe-18, que é abordado no capítulo 2, custa em torno de U\$2200,00 [UNITED LINKERS, 2009].

A biometria é considerada uma tecnologia eficiente para a área de segurança por fazer uso de características únicas de uma pessoa. Devido sua complexidade e dificuldade de ser burlada, a biometria está cada vez mais presente na vida das pessoas, em locais onde é necessário controlar o acesso físico ou até mesmo na execução de operações restritas.

## 1.1 Motivação

Após analisar os sistemas de segurança veiculares existentes e as estatísticas do índice de roubos de veículos no Brasil, criou-se a motivação necessária para criar um novo sistema, conciliando dois tipos de tecnologias existentes, a biometria através da impressão digital e as travas *mult-locks*.

Outra motivação para a elaboração desse projeto foi a utilização de conceitos de algumas matérias estudadas no decorrer do curso, como:

- Microprocessadores e Microcontroladores;
- Físicas de I à IV;
- Circuitos e Máquinas Elétricas;
- Instalações Elétricas.

## 1.2 Objetivo Geral

O principal objetivo desse projeto é desenvolver um sistema de *hardware* e *software* que faça uso da biometria por impressão digital, juntamente com um microcontrolador da Família 8051 e um motor de passo, com o intuito de implementar um protótipo de sistema de segurança veicular que simule o acionamento e desacionamento de uma trava para câmbios de carros.

## 1.3 Objetivos Específicos

São objetivos específicos do projeto:

- Utilizar um sistema biométrico digital para controlar o acesso ao veículo;
- Realizar a programação do microcontrolador em linguagem *Assembly*;
- Utilizar o motor de passo para simular o acionamento e desacionamento da trava.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

A monografia é distribuída da seguinte maneira:

Capítulo 1: neste capítulo é abordada a idéia geral do projeto, assim como os objetivos a serem alcançados, as motivações para sua criação e como está dividida a monografia.

Capítulo 2: trata da apresentação do problema, onde são apresentados dados como os índices de roubos de carros no Brasil, assim como alguns dos sistemas de segurança aplicados em veículos.

Capítulo 3: é composto pelo referencial teórico, no qual são apresentadas informações como o conceito da biometria, seu histórico e os tipos de biometrias utilizadas.

Capítulo 4: trata da implementação do *hardware* onde são demonstrados os equipamentos necessários para a construção desse projeto, assim como uma breve descrição dos componentes físicos.

Capítulo 5: trata da parte lógica do projeto, no qual é explicado o algoritmo passo a passo.

Capítulo 6: são demonstrados os resultados obtidos através de testes realizados no protótipo.

Capítulo 7: conclusão da monografia onde são explanadas as considerações finais sobre o desenvolvimento do projeto, assim como sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Apresentação do Problema

Neste capítulo é mostrada a situação no Brasil em relação aos roubos de veículos e os sistemas de segurança veiculares utilizados pela maioria dos proprietários desses veículos.

### 2.1 Identificação do problema e cenário atual

Atualmente, as estatísticas demonstram que a quantidade de roubos de carros permanece em um nível elevado, seja por descuido do proprietário do veículo, um sistema de alarme ineficaz ou sistemas de segurança que acabaram se tornando rotineiros. Este último é um dos mais preocupantes, pois os ladrões estão ficando cada vez mais especializados no ato de burlar esses mecanismos, atingindo seu objetivo que é o roubo do veículo.

A tabela 1 mostra uma pesquisa realizada pela Superintendência de Seguros Privados (Susep) que informa as estatísticas de furtos/roubos de veículos no Brasil, durante o 1º semestre de 2008. O levantamento é feito com base nos dados enviados semestralmente pelas seguradoras. A partir deles, a empresa calcula o chamado "Índice de roubo", levando em conta o número de carros expostos, suas versões e o tempo em que o veículo está segurado. Para fins de demonstração, a tabela foi reduzida, não contendo todas as informações disponibilizadas pelo órgão. [SUSEP, 2009]

Tabela 1 – Modelos de carros mais roubados no Brasil  
Fonte: Adaptado de: [SUSEP, 2009]

| MODELO   | EXPOSIÇÃO | ROUBO | ÍNDICE DE ROUBO |
|--|-----------|-------|-----------------|
| 1) Fiat Uno Mille/ Mille EX/ Smart 4p                | 11.882    | 436   | 3,67%           |
| 2) Volkswagen Gol 1.0 Power 16v 76cv 4p              | 11.057    | 384   | 3,47%           |
| 3) Volkswagen Santana 1.8 Mi                         | 11.859    | 305   | 2,57%           |
| 4) Volkswagen Parati 1.6Mi/1.6Mi City/T.Field T.Flex | 13.668    | 337   | 2,47%           |
| 5) Volkswagen Gol 1.6 Mi Power Total Flex 8V 4p      | 36.138    | 885   | 2,45%           |
| 6) Volkswagen Gol 1.6 Mi/ Power 1.6 Mi 4p            | 16.924    | 403   | 2,38%           |
| 7) Volkswagen Santana 2.0 Mi 2p e 4p                 | 10.991    | 257   | 2,34%           |
| 8) Volkswagen Gol Special Xtreme 1.0 Mi 2p           | 54.258    | 1.236 | 2,28%           |
| 9) Volkswagen Gol 1.0 Plus 16v 4p                    | 19.393    | 422   | 2,18%           |
| 10) Volkswagen Gol CLi/CL/Copa/Stones 1.6            | 17.059    | 349   | 2,05%           |

Após uma breve análise dos índices demonstrados na tabela 1, verifica-se que os carros mais visados pelos ladrões são os carros populares, que são os mais acessíveis ao bolso do cidadão brasileiro, mais fáceis de serem revendidos e que possuem sistemas de segurança aparentemente fáceis de serem burlados. Pode-se ver que os líderes dessas estatísticas são o Uno, da Fiat e o Gol, da Volkswagen.

## **2.2 Dispositivos de segurança aplicados em veículos**

Hoje em dia, existem diversos tipos de aplicações que visam o incremento da segurança de um veículo, mas os tipos mais básicos são: o sistema de alarme com transmissor remoto, a trava *mult-lock* e a trava de segurança antifurto. Uma breve descrição é abordada a seguir.

### *2.2.1 Sistema de alarme com transmissor remoto*

Normalmente, o tipo básico de sistema de segurança nos veículos é o de alarme, cujo acionamento é feito via um transmissor remoto, permitindo que o dono do veículo ative e desative esse sistema.

Com esse transmissor remoto, é possível enviar instruções a um pequeno computador instalado no veículo para controlar o sistema de alarme remotamente. Ele utiliza pulsos de ondas de rádio para enviar mensagens específicas [HOWSTUFFWORKS, 2009].

O objetivo primário do transmissor é permitir ao proprietário um modo de ligar e desligar o seu sistema de alarme. Depois que o proprietário sai de seu carro e fecha a porta, pode-se ativar o sistema com o toque de um botão e quando volta ao carro, pode desativá-lo facilmente. Na maior parte dos sistemas, o computador acende as luzes e toca a buzina quando se tranca e destranca o carro. Isso deixa o proprietário e qualquer pessoa que estiver na área sabendo que o sistema de alarme está funcionando. Os transmissores remotos também permitem ativar a trava de todas as portas, acender as suas luzes e fazer o alarme soar antes que se entre no carro [HOWSTUFFWORKS, 2009].



### 2.2.2 Trava mult-lock

Existe também um sistema manual que consiste no posicionamento da marcha em algum ponto específico, de modo que seja possível realizar o travamento desta em um sistema *Mult-lock*. O grande atrativo deste tipo de sistema é o seu baixo custo (em comparação aos sistemas biométricos) e sua fácil instalação.

Essas travas de câmbio *mult-lock* imobilizam a alavanca de mudança de marchas e, nas versões mais novas deste sistema que estão sendo comercializadas atualmente, “são construídas em aço de alta resistência, fixada no túnel, no assoalho ou no chassi do veículo, possuindo chaves codificadas por computador que dificulta a abertura por chave mixa” (ferramenta utilizada pelos ladrões para abrir carros e outros tipos de fechaduras). [MVP, 2009]

### 2.2.3 Trava de segurança antifurto

É o mais barato e simples dos métodos de segurança que se pode citar. Existem diversos modelos disponíveis no mercado, como para pedal, para volantes, para câmbios e para freio de mão.

Consiste no posicionamento de uma barra metálica, em um dos componentes citados acima, que realizará o travamento deste e só poderá ser devidamente aberto com a chave específica para aquela fechadura.

### 2.2.4 Biometria aplicada em veículos

Os sistemas biométricos surgiram para suprir a necessidade de se ter de carregar qualquer objeto, como uma chave. Como os sistemas biométricos utilizam características próprias de uma pessoa (por exemplo, a digital), traz como benefício maior segurança, pois não existe a possibilidade de perda ou furto como a de chaves ou do transmissor remoto.

Existem vários produtos no mercado mundial, cada um com suas características e preços variados. A seguir são demonstrados alguns desses produtos como exemplo.

A empresa Hitachi já é conhecida por aplicações biométricas em ATMs (*Automated Teller Machine*), em computadores para permitir o acesso a prédios e em sistemas de pagamentos sem o uso do cartão. A partir dessas aplicações, a Hitachi desenvolveu um sistema de segurança biométrica exclusiva para carros. A tecnologia utilizada foi a de autenticação pelas veias dos dedos e foi aplicada no volante do carro. Esse sistema só permite o funcionamento do motor se os motoristas forem reconhecidos pelos padrões das veias de seus dedos quando posicionados no volante [HITACHI, 2009]. A figura 1 mostra esse sistema.



Figura 1 – Sistema desenvolvido para reconhecimento das veias dos dedos  
Fonte: [HITACHI, 2009]

Outro exemplo que pode ser citado é o SID – Sistema Identificador de Digitais – de fabricação nacional e encontra-se na figura 2.

SID é um dispositivo de identificação segura, que utiliza a mais nova tecnologia biométrica: a impressão digital. Ela assegura que somente as pessoas cuja impressão digital esteja contida no SID possam ligar o veículo. SID não torna a chave do veículo desnecessária para a ignição, mas atua em conjunto com a mesma. Assim, para ligar o veículo, são necessárias a chave e a impressão digital. [IDENTIFICADOR DIGITAL, 2009]



Figura 2 – Dispositivo Biométrico para Impressões Digitais fabricado pela Insul-Film  
Fonte: [IDENTIFICADOR DIGITAL, 2009]

Seu funcionamento ocorre da seguinte maneira: Primeiramente, insere-se a chave na ignição do carro, ligando-a apenas para o fornecimento de energia, sem ligar o motor; O SID será inicializado, podendo ser inserido a digital; Após a correta identificação do motorista, é permitido o acionamento completo do carro [IDENTIFICADOR DIGITAL, 2009].

Mais um exemplo, de fabricação internacional, é o Retinasafe-18, fabricado pela United Linkers. O produto incrementa a segurança de um veículo através da retina e da íris [UNITED LINKERS, 2009].

A análise da retina acontece através de um raio de luz diretamente no globo ocular que grava os padrões das veias nos olhos. É uma das mais precisas formas de biometria, devido ao seu percentual quase nulo de falsificação, e uma das mais complicadas. Como os padrões das veias da retina mudam com o decorrer da vida, a íris também é analisada [UNITED LINKERS, 2009]. Esse sistema é instalado no painel do carro e encontra-se na figura 3.



***Retinasafe-18***

Figura 3 – Produto da United Linkers para reconhecimento através do olho  
Fone: [UNITED LINKERS, 2009]

Existem alguns outros sistemas biométricos que já estão no mercado, dos quais se podem citar alguns exemplos: [UNITED LINKERS, 2009] [SECURE PORTABILITY, 2009]

- Utilização de um leitor biométrico acoplado na porta do carro, mais precisamente abaixo da maçaneta. Existem sistemas que já estão substituindo a própria maçaneta pelo leitor de impressão digital;
- Sistemas acoplados diretamente na bateria do carro. Caso a impressão não corresponda à cadastrada, não é gerado o fluxo de energia para que ocorra o funcionamento do veículo;
- Utilização do reconhecimento da voz do motorista.

Dessa forma, verifica-se que no mercado mundial já existem diversos tipos de sistemas biométricos aplicados em veículos de passeios, porém o alto custo torna difícil sua aquisição, não permitindo aos proprietários de veículos realizarem esse tipo de melhoria. Logo, os tradicionais dispositivos de segurança como o transmissor remoto, a trava *mult-lock* e a trava de segurança antifurto ainda são as melhores opções para o bolso do consumidor brasileiro, mesmo não sendo a melhor escolha.

### 2.3 Proposta de Solução para o Problema

Este projeto tem como finalidade propor um novo tipo de sistema de segurança veicular, utilizando teorias e práticas já existentes, conciliando a biometria da impressão digital com o sistema *mult-lock* e colocando os conhecimentos acadêmicos em evidência.

É utilizado um módulo de reconhecimento de impressões digitais *stand-alone* (que não necessita de programação externa para que ocorra seu funcionamento), um microcontrolador e um motor de passo.

O módulo de impressões digitais é conectado a um microcontrolador. Quando uma digital for inserida no leitor, a informação será verificada com a previamente armazenada na memória interna do módulo. Se as impressões forem compatíveis, é enviada uma instrução para o microcontrolador permitindo que seja liberado o fluxo de energia para o motor de passo, simulando o acionamento/desacionamento da trava.

### 3. Referencial Teórico

Esse capítulo apresenta informações sobre a biometria, abordando seu histórico, funcionamento, os tipos de biometrias existentes, suas características e aplicações.

#### 3.1 Biometria

O termo biometria é de origem grega e é formado pela união da palavra *bios* (vida) com a palavra *metron* (medida), podendo ser definida, literalmente, por “medida da vida” e refere-se a um grupo de tecnologias e técnicas utilizadas para identificar seres humanos baseados em características físicas, químicas e comportamentais [VIGLIAZZI, 2006].

Embora a tecnologia da biometria possua várias finalidades, seu propósito fundamental é prover uma alternativa mais segura aos sistemas de controle de acesso tradicionais utilizados em propriedades pessoais ou corporativas. Muitos dos problemas que a biometria ajuda a resolver são as fraquezas encontradas nos atuais sistemas de controle de acesso, como [GREGORY; SIMON, 2008]:

**Senhas fracas:** Usuários de computadores estão, cada vez mais, utilizando e criando senhas que são facilmente decifráveis, resultando em uma quebra de segurança onde os intrusos podem adivinhar, sem muitas dificuldades, a senha deste usuário e obter acesso não autorizado a um computador, por exemplo;

**Credenciais compartilhadas:** Em muitas organizações de pequena ou larga escala, existem pessoas que compartilham sua senha com um colega, mesmo sendo proibido pela política de segurança da empresa, e oferecem determinados acessos a alguém que não deveria possuí-los;

**Perdas de cartões de acesso:** É um caso bastante comum onde um indivíduo acaba por perder seu cartão de acesso. Muitos cartões apresentam o nome da empresa e esse é um grande perigo. Se uma pessoa de má índole obtém acesso a esse cartão e descobre que o sistema de segurança da empresa é falho (por exemplo, sendo apenas necessário passar o cartão na catraca que o acesso é fornecido, sem qualquer confirmação da identidade do usuário), ela adquire o privilégio de trafegar livremente por esta.

A biometria pode resolver todos esses problemas por requerer uma credencial adicional, algo associado com o próprio corpo da pessoa, antes de garantir acesso a um prédio ou a uma sala de computadores, por exemplo. Um sistema de controle de acesso que utiliza biometria inclui um dispositivo eletrônico que mede alguns aspectos do corpo da pessoa ou de seu comportamento que positivamente identifica aquela pessoa. Tal dispositivo pode ser um leitor de digitais ou uma câmera digital, por exemplo [GREGORY; SIMON, 2008].

Hoje em dia, diversas áreas e setores utilizam a tecnologia da biometria como uma forma de proteger seu patrimônio. As organizações militares estão utilizando a biometria há décadas para fortalecer seu controle de acesso físico e lógico. Muitas empresas que possuem *data centers* só permitem a entrada de alguém neste setor através da identificação biométrica. Os dispositivos de impressão digital estão em todos os lugares, como no *notebook*, em *pendrives*, no acesso a academias, nas armas inteligentes e em muitos outros tipos de aplicações. O reconhecimento facial ainda não é muito disseminado devido a sua complexidade e alto preço, mas já está sendo aplicado em alguns *notebooks* mais modernos, por exemplo. Esses são alguns dos usos dos dispositivos biométricos.

### 3.1.1 Como funciona a Biometria

Os produtos biométricos disponíveis atualmente trabalham de forma similar. Primeiramente, é capturado um molde de alguma das características biométricas da pessoa na etapa de cadastramento. Dependendo do sistema, às vezes é necessário que se forneça mais de um exemplo para a criação do perfil biométrico. Esse molde é conhecido em inglês como *template* e é responsável por armazenar as informações biométricas da pessoa. O *template* pode ser armazenado em um sistema biométrico que possua memória interna ou em outras formas de armazenamento, como em um computador, por exemplo [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

Os sistemas biométricos trabalham através do registro de usuários, coletando e armazenando suas particularidades biométricas e posteriormente comparando-as com os dados biométricos de um indivíduo para que seja ou não permitido o acesso a um sistema ou local [GREGORY; SIMON, 2008]. Pode-se dividir o processo em três etapas:

- **Registro (*Enrollment*):** A primeira vez que uma pessoa utiliza um sistema biométrico, este grava informações básicas sobre suas características, como seu nome ou um número de identificação [HOWSTUFFWORKS, 2009]. Após essa etapa, são fornecidos os dados biométricos iniciais, que podem ser sua impressão digital em um sensor biométrico ou olhar para uma lente de uma câmera para reconhecimento da íris, por exemplo. Normalmente, os sistemas biométricos requisitam diversos exemplos para que o sistema possa determinar com mais precisão a identidade do indivíduo [GREGORY; SIMON, 2008].
- **Comparação (*Comparison*):** Quando o usuário deseja acessar um sistema ou prédio protegido por biometria, este deve ser autenticado de acordo com os procedimentos, que podem ser colocando sua mão sobre um scanner ou assinando seu nome, por exemplo. Quanto esta etapa é concluída, o sistema biométrico compara o exemplo com o dado armazenado na etapa do Registro e decide se os dados coincidem ou não. Caso coincidam, o acesso é permitido. Caso contrário, não [GREGORY; SIMON, 2008].
- **Atualização (*Update*):** Alguns tipos de aplicações biométricas mudam lentamente com o passar do tempo, sendo assim necessário atualizar com dados mais recentes o sistema biométrico. Exemplos como assinatura pessoal e reconhecimento facial fazem parte desse quadro [GREGORY; SIMON, 2008].

Os sistemas biométricos são normalmente muito fáceis de serem utilizados, levando até mesmo segundos para que ocorra o processo de registro do usuário. A maioria dos sistemas biométricos utiliza um dispositivo de entrada de dados, como *scanners*, microfone, leitor óptico, para obter os dados biométricos da pessoa [VIGLIAZZI, 2006].

Uma amostra (*live scan*) é uma representação digital usada na verificação de uma característica fornecida pelo indivíduo. Quando uma amostra é concedida, é sempre levada em conta uma margem de erro em sua comparação, pois mesmo que



as condições de recolhimento da amostra sejam favoráveis, é muito difícil que o sistema biométrico consiga captar o dado da mesma forma que foi anteriormente.

Para cada sistema deve ser especificado um tipo de *hardware* e *software* que trabalhe adequadamente com a característica biométrica escolhida. Principalmente o *software*, pois é o responsável por realizar a verificação da amostra [VIGLIAZZI, 2006].

Os principais procedimentos de coleta de um sistema biométrico são:

- **Captura:** Ocorre na etapa de cadastramento no momento em que uma característica biométrica é fornecida para o sistema. Os métodos de captura variam de acordo com o tipo de biometria abordada;
- **Extração:** Após o cadastro, as informações das características cadastradas são extraídas através de um equipamento biométrico e o *template* é criado;
- **Comparação:** Em um segundo momento, o *template* é comparado com um novo exemplo;
- **Combinação:** O sistema determina se as informações extraídas do novo exemplo combinam com o armazenado em seu sistema [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

E que os sistemas utilizam quase sempre os mesmos três componentes listados abaixo:

- **Sensor:** Detecta a característica que está sendo utilizada para identificação;
- **Memória:** Armazena a informação;
- **Software:** Analisa as características, traduz em um código e realiza a comparação.

### 3.1.2 Métodos de Autenticação

No dia-a-dia, usam-se diversos tipos de sistemas de informação que necessitam de identificação para prover serviços com segurança e privacidade. Existem três passos de segurança que são descritos a seguir [GREGORY; SIMON, 2008]:

- **O que você tem:** É o nível mais baixo de segurança [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. São sistemas que podem ser representados por um cartão de identificação com uma foto, ou o usuário ser proprietário de um *token* único, ou através de *smartcards* [GRIAULE BIOMETRICS, 2009].
- **O que você sabe:** É conhecido como o segundo nível de segurança [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. Pode ser representado através de uma senha que seja apenas de seu conhecimento ou através de um Número de Identificação Pessoal (PIN) [GRIAULE BIOMETRICS, 2009].
- **O que você é:** É conhecido como o mais alto nível de segurança [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. Nesses sistemas os usuários são autenticados por suas características físicas [GRIAULE BIOMETRICS, 2009].

Analisando esses três tipos de autenticação, é fácil deduzir que a terceira é a mais segura, pois quando comparada com as outras, verifica-se que as duas primeiras oferecem grandes perigos de vulnerabilidades. No primeiro caso, pode ocorrer uma fraude do seu cartão de identificação ou qualquer objeto que um indivíduo possa carregar, além de espionagem, roubo, clonagem. No segundo caso, há um incremento da segurança, pois a senha é considerada secreta, mas pode ser facilmente espionada por alguém de má índole e roubada. Por fim, o terceiro caso apresenta virtudes que o tornam o mais efetivo e seguro de todos, pois apenas com as características físicas do indivíduo previamente registradas que é possível realizar algum tipo de operação.

A figura 4 mostra a evolução da autenticação ao longo dos anos.

# Evolução da Autenticação



Figura 4 – Evolução da Autenticação ao longo dos anos  
 Fonte: [ID-TECH, 2009]

### 3.1.3 Características do Sistema Biométrico e Aplicações da Biometria

Quando se trata de sistemas de identificação biométricos, são necessários alguns tipos de características biológicas para que possa ocorrer o reconhecimento de um indivíduo. As qualidades desejadas são [GREGORY, 2008] [VIGLIAZI, 2006]:

- **Universalidade:** Significa que toda pessoa deve possuir uma característica. Que existe em tantas pessoas quanto possível;
- **Singularidade:** Indica que um traço idêntico jamais aparece em duas pessoas. É uma característica única;
- **Permanência:** Significa que as características devem ser invariantes com o tempo;
- **Coletável:** Indica que as características podem ser medidas quantas vezes for necessário, com o uso de algum instrumento;

- **Desempenho:** Indica a precisão, velocidade e robustez que o sistema biométrico pode atingir;
- **Aceitabilidade:** Indica o grau de aprovação da tecnologia pelos usuários;
- **Fraude:** Indica o quanto é fácil enganar o sistema com técnicas fraudulentas.

Devido a importância de identificar uma pessoa com alto grau de segurança, são necessárias técnicas de autenticações mais confiáveis e a biometria surgiu para suprir essa necessidade, devido seu elevado grau de confiabilidade [JAIN; FLYNN; ROSS, 2007]. Com essa característica determinante, a biometria está sendo utilizada em diversos tipos de aplicações, das quais podem ser citadas [GREGORY, 2008] [VIGLIAZI, 2006]:

- **Aplicações comerciais:** Como acesso a um computador, acesso a *internet*, ATM ou uso de cartões de crédito, PDA's, por exemplo;
- **Videolocadoras:** Identificando clientes através da impressão digital;
- **Academias:** Identificando seus clientes e evitando que alguém entre com o cartão de acesso de outro;
- **Controle de ponto:** Evitando memorizar senhas ou carregar cartões;
- **Controle de veículos:** Permitindo que o carro seja ligado apenas por quem foi previamente cadastrado em seu sistema;
- **Aplicações judiciais:** Como identificação de cadáveres e investigações de crimes;
- **Aplicações governamentais:** Como carteira nacional de identidade, licença de motorista, segurança social e controle de passaporte;
- **Segurança Pública:** Utilizada para cadastramento das pessoas para fins da garantia da segurança e identificação de criminosos.

### 3.2 Histórico da Biometria

A biometria existe há séculos, mas as formas de coleta das características evoluíram com o passar dos anos. “Partes de nossos corpos e aspectos de nosso comportamento têm sido usados no decorrer da História como um modo de identificação. O estudo das imagens das digitais data da Antiguidade da China” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. Há relatos de que, por volta do século II a.C., governantes da China utilizavam as características das impressões digitais para lacrar documentos e no antigo Egito as pessoas eram registradas por suas características físicas. Com base nestas informações, eles conseguiam identificar grande parte de seu povo. Portanto, a biometria é algo muito mais antigo do que se pensa [VIGLIAZZI, 2006].

Em meados do século XIX, estudos científicos determinaram duas características críticas da impressão digital que ainda permanecem verdadeiras até hoje: não foram encontradas impressões digitais de diferentes dedos que possuísem o mesmo padrão e as características da impressão digital são invariáveis ao longo da vida [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002].

Um cientista chamado Francis Galton é considerado um dos fundadores da chamada Biometria: a aplicação de métodos estatísticos para fenômenos biológicos. Sua pesquisa em habilidades e disposições mentais, a qual incluía estudos de gêmeos idênticos, foi pioneira em demonstrar que vários traços são genéticos. A paixão de Galton pela medição permitiu que ele abrisse o Laboratório de Antropometria na Exibição Internacional de Saúde em 1884, onde ele coletou estatísticas de milhares de pessoas. Em 1892, Galton inventou o primeiro sistema moderno de impressão digital. Esses estudos levaram o uso de impressões digitais para identificação de crimes, primeiramente na Argentina em 1896, depois na Escócia em 1901 e em muitos outros países. A impressão digital era a forma mais confiável de identificação, até o advento da tecnologia do DNA no século XX [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

O processamento de impressões digitais por computador começou por volta dos anos sessenta com a introdução de um *hardware* de computador que podia razoavelmente processar essas imagens [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002]. “O FBI (*Federal Bureau of Investigation*) começou a checar as imagens digitais automaticamente e na metade da década de setenta já havia instalado uma grande quantidade de sistemas de *scanners* digitais automáticos” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. Desde então, os *Automated Fingerprint Identification*

*Systems*<sup>1</sup> (AFIS) tem sido largamente desenvolvidos e são muito utilizados por um número significativo de forças policiais.

Nos anos oitenta, surgiram inovações em duas áreas tecnológicas: computadores pessoais e *scanners* ópticos, que possibilitaram a criação de ferramentas mais precisas para as aplicações existentes. Nos anos noventa, surgiram vários dispositivos de captura de impressões digitais mais acessíveis financeiramente e com o avanço da tecnologia, foi possível expandir seu mercado para o uso pessoal [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002].

### 3.3 Tipos de Biometria

Nenhum tipo de biometria aplicada sozinha é capaz de satisfazer efetivamente todas as necessidades das aplicações de identificação devido a estarem sujeitas a falhas, como em qualquer outro sistema. Vários tipos de biometrias foram propostas, pesquisadas e avaliadas para tais aplicações. Cada tipo de biometria tem seus pontos fortes e fracos, e também possuem uma identificação particular [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002]. Embora existam vários modos efetivos de usar a biometria para identificar alguém, eles foram divididos em duas classes: Fisiológicas e comportamentais [GREGORY; SIMON, 2008]. As fisiológicas são as características invioláveis, que não podem ser alteradas. As comportamentais são características que podem variar com o tempo. A figura 5 mostra a distribuição dos tipos de biometrias existentes e a figura 6 mostra um comparativo entre a utilização dessas biometrias.

---

<sup>1</sup> O sistema Automated Fingerprint Identification System (AFIS) é um sistema que pesquisa uma ou várias impressões digitais comparativamente a uma base de dados, permitindo capturar e guardar fotografias com uma excelente qualidade, e finalmente guardar informação referente ao indivíduo criando uma base de dados bastante robusta e completa.

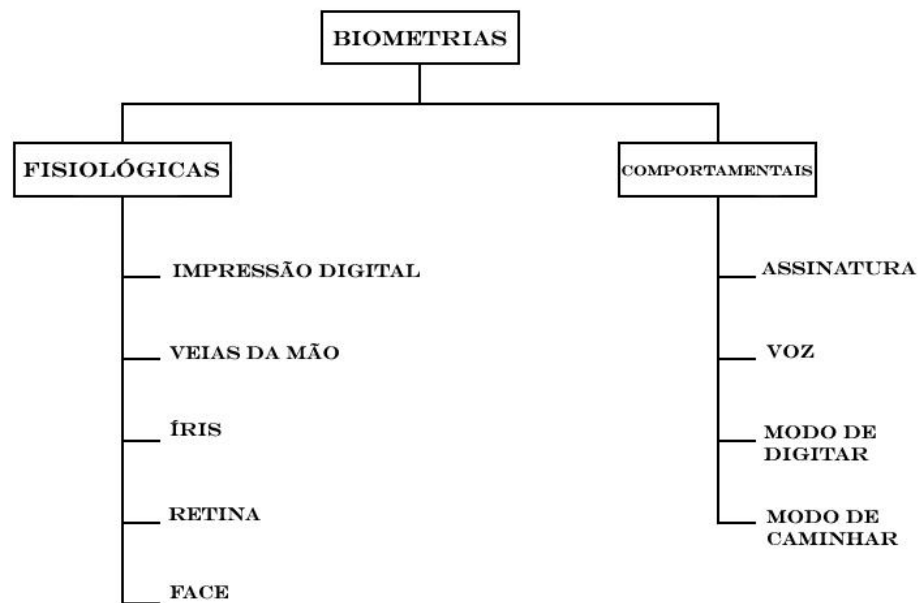


Figura 5 – Classificação dos tipos biométricos  
 Fonte: Adaptado de: [GREGORY; SIMON, 2008]

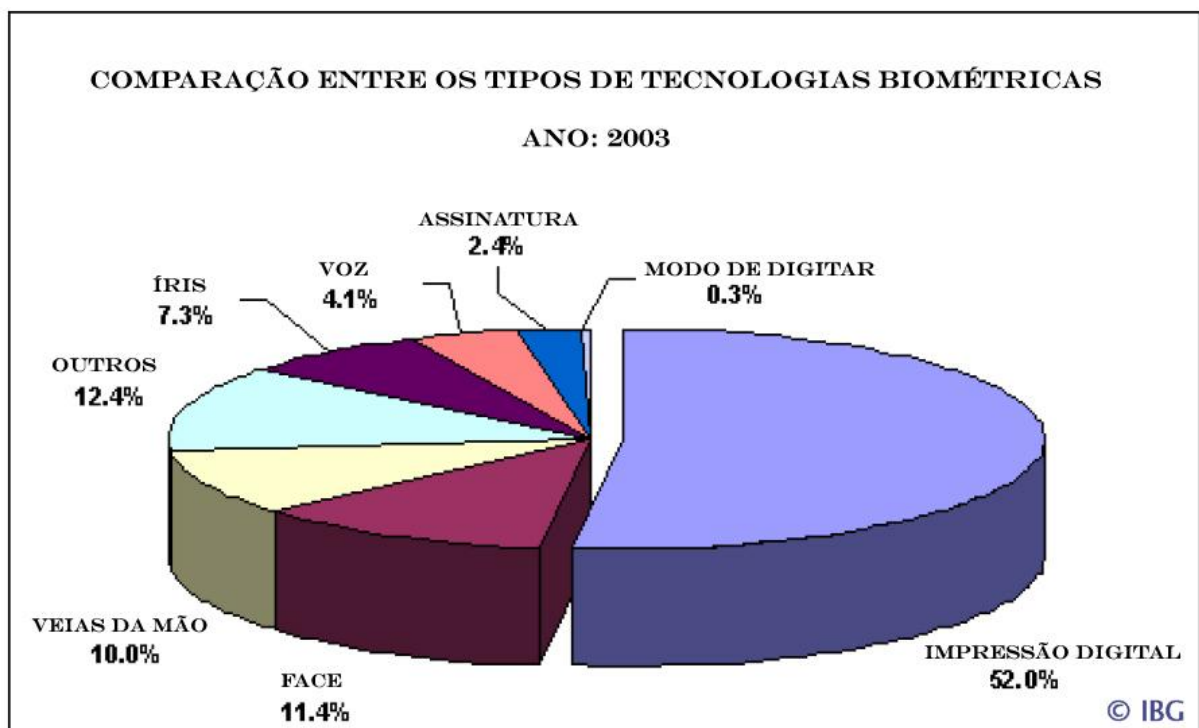


Figura 6 – Comparação entre os tipos de Tecnologias Biométricas  
 Fonte: Adaptado de: [ID-TECH, 2009]

### 3.3.1 Impressão Digital (Sistema Biométrico Fisiológico)

Foram oficialmente estabelecidas como uma forma de identificação única por meados de 1900. Impressões Digitais são facilmente registradas e medidas por dispositivos cada vez menores e mais baratos. É possível encontrá-los em alguns *notebooks*, *PDA's*, *pendrives*, portas de segurança e até mesmo cartões de crédito [GREGORY; SIMON, 2008].

As impressões digitais são uma das mais maduras tecnologias biométricas utilizada nas divisões judiciais ao redor do mundo para investigações criminosas. Normalmente, uma imagem de impressão digital é obtida em um dos dois meios: escaneando uma impressão de um dedo manchado de tinta ou usando um leitor de impressões digitais [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002]. A figura 7 ilustra o que foi dito.

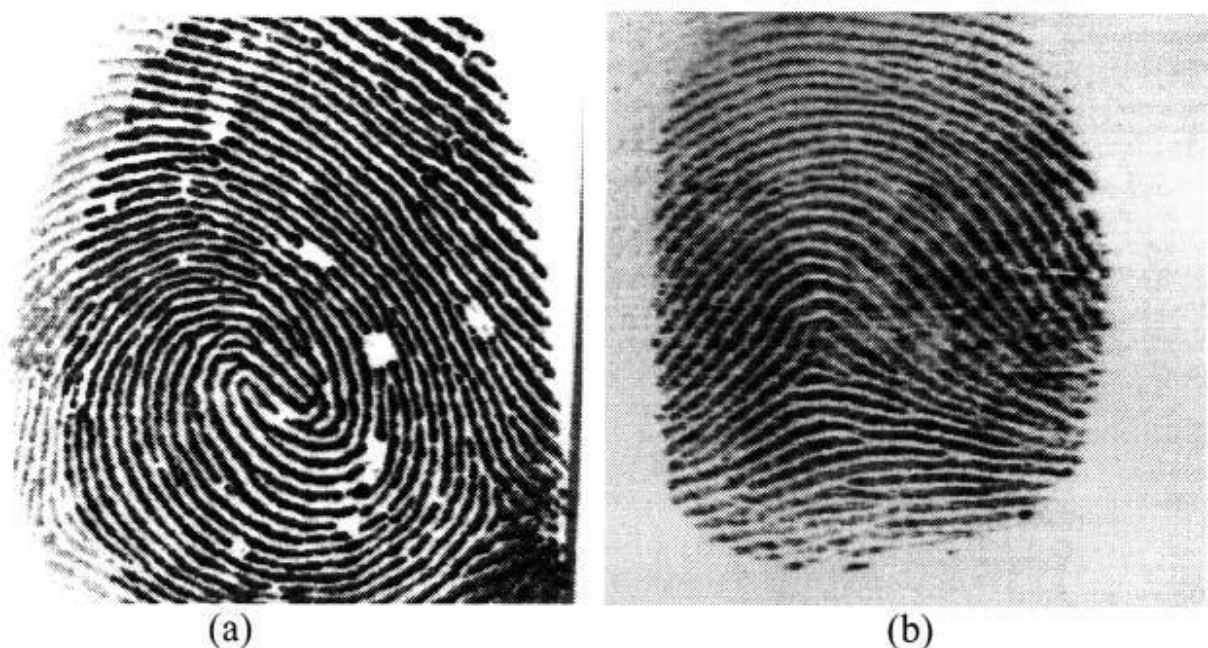


Figura 7 – Comparação entre uma imagem com a digital obtida através de tinta (a) e uma feita em tempo real usando um sensor biométrico (b).  
Fonte: [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002]

Em uma análise da impressão digital, é possível verificar um conjunto de linhas que possuem formas diferentes em cada pessoa e não se alteram com o decorrer da vida. Analisando mais detalhadamente, existem micro-singularidades, chamadas minúcias ou características de Galton, que são as particularidades, as



características únicas de uma pessoa. As minúcias que combinam, constituem a base para a comparação da impressão digital [VIGLIAZZI, 2006].

Essas minúcias são formadas pelas seguintes características:

- **Linhas de Cume:** A linha da impressão digital que é comparada com uma montanha;
- **Vale:** É o espaço entre os cumes;
- **Ponto de União:** O ponto onde dois cumes se unem;
- **Núcleo Superior:** O lugar onde a dobra do cume ascendente é maior;
- **Núcleo Inferior:** O lugar onde a dobra do cume é maior, o fluxo do cume gira em torno do centro completamente;
- **Bifurcação:** O ponto aonde um cume divide-se;
- **Delta:** O ponto onde o fluxo do cume divide-se em três direções [VIGLIAZZI, 2006, p.14].

A figura 8 mostra algumas dessas características citadas.

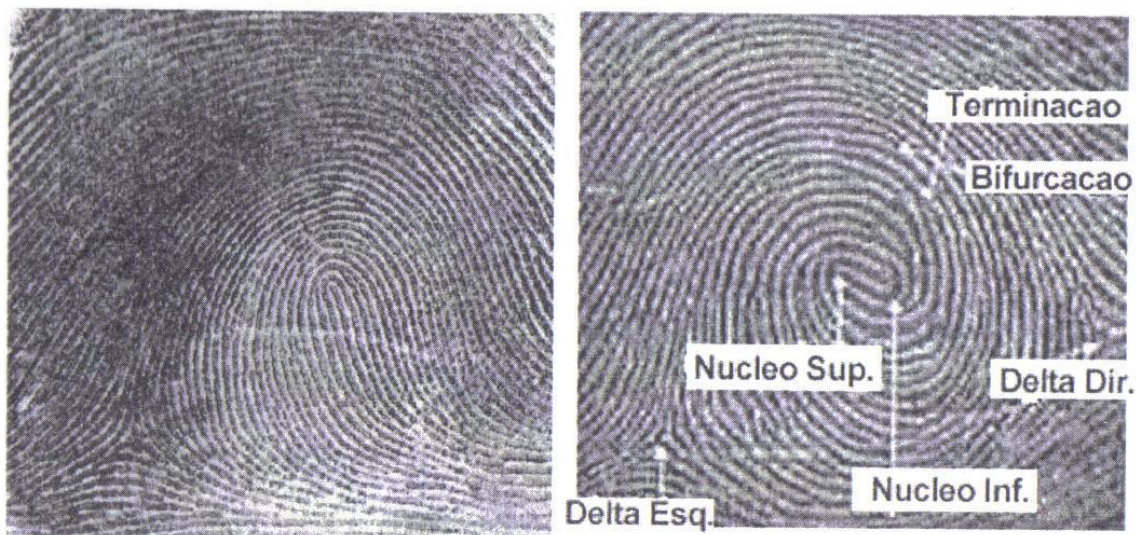


Figura 8 – Características presentes em uma impressão digital  
Fonte: [VIGLIAZZI, 2006]

Em relação aos métodos de leitura de uma impressão digital, existem três modos possíveis, o óptico, o termoeletrônico e o ultra-som.

- **Óptico (*Optical*):** Trabalha similarmente a um *scanner*, onde uma luz é usada para iluminar a superfície do scanner para que possa ser realizada uma varredura da imagem e sua captura [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009];

- **Termoelétrico (*Thermoelectric*):** “Leitores termoelétricos usam substâncias com propriedades elétricas que localizam recursos de calor e lêem as variações elétricas na superfície para adquirir uma imagem da impressão digital” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009];
- **Ultra-som (*Ultrasound*):** Utiliza ondas de som acima do limite de audição humano. Um dedo é colocado no scanner e ondas acústicas são usadas para medir a densidade do padrão da imagem digital [GREGORY; SIMON, 2008].

Uma diferença importante entre as várias tecnologias de digitais no mercado é a forma de captura da imagem. São duas formas que são tratadas a seguir: Sistemas de verificação um-para-um (1:1) e Identificação um-para-muitos (1:n).

No processo de verificação um-para-um (1:1) há um prévio cadastramento de uma digital. Quando um usuário deseja ser identificado, este informa um número de identificação, por exemplo, e no momento da verificação da digital do usuário com a previamente armazenada, o programa realiza a verificação da digital que está no sensor exatamente com a do banco de dados na qual possui o número de identificação informado.

Já no processo de identificação um-para-muitos (1:n), quando um usuário coloca sua digital no sensor, o programa realiza uma busca em seu banco de dados até encontrar uma digital semelhante àquela exibida no sensor.

Em ambos os casos, o processo de captura é o mesmo. Ocorre através de uma técnica de imagem óptica na qual normalmente envolve a geração de uma fonte de luz, a qual é refratada através de um prisma, em uma superfície de vidro onde o dedo é colocado e uma luz realiza uma varredura da digital, capturando a impressão inserida [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

### 3.3.2 Palma (Sistema Biométrico Fisiológico)

A geometria de uma mão inteira é bastante única, quase tanto quanto as impressões digitais [GREGORY; SIMON, 2008]. A biometria da palma pode ser associada com a impressão digital. Os dados dos vales e minúcias são encontrados na palma, assim como nas imagens digitais. [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]

Um leitor de mão geralmente mede as alturas e os ângulos dos dedos, a geometria de todos os 27 ossos, os músculos, ligamentos e outros tecidos [GREGORY; SIMON, 2008]. Normalmente eles são analisados usando técnicas de captura óptica.

A técnica é bastante simples e relativamente fácil de ser usada. Muitos sistemas de autenticação através da mão do indivíduo têm sido instalados em centenas de lugares ao redor do mundo. Fatores ambientais como tempo seco ou anomalias individuais, como pele seca, não interferem na precisão da autenticação em um sistema baseado na geometria da mão. [JAIN; FLYNN; ROSS, 2007]

O processo de captura da palma é essencialmente o mesmo descrito na impressão digital. “Um sistema de palma captura imagens quando uma mão é colocada num *scanner*” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

As aplicações desta tecnologia são inúmeras, permitindo uma fácil aceitação por parte dos envolvidos, além de oferecer uma redução significativa de fraude. Algumas de suas aplicações são:

- **Universidades:** São utilizados nos acessos aos refeitórios e lanchonetes pelos estudantes autorizados;
- **Aeroportos Internacionais:** Controlam as áreas de operações restritas somente ao pessoal de segurança, manutenção e operação;
- **Hospitais:** Registro da informação do nível da assistência médica [VIGLIAZZI, 2006].

### 3.3.3 Íris (*Sistema Biométrico Fisiológico*)

A íris é um conjunto de músculos que controlam o tamanho da pupila. Quando a íris é vista de perto, percebe-se uma complexa coleção de minúsculos músculos que são pintados de várias cores como marrom, cinza, azul e verde. Quando se refere a alguém que possua olhos azuis, verdes ou castanhos, está na verdade se referindo a cor de sua íris. [GREGORY; SIMON, 2008]

Um fato que torna a íris confiável é a de que a íris está protegida atrás da córnea significando que, ao contrário de outros sistemas biométricos, a probabilidade dos danos é mínima. A vantagem da íris é por não estar sujeita aos efeitos do envelhecimento. [VIGLIAZZI, 2006]

No processo de captura para o reconhecimento da íris, “uma câmera de vídeo preto e branco captura uma imagem da íris. Isso deve ser feito em um ambiente bem iluminado. Lentes de contato não interferem na captura da imagem” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

### 3.3.4 Retina (*Sistema Biométrico Fisiológico*)

A retina é a camada de veias sangüíneas situada na parte de trás do olho. Ela não é normalmente vista exceto quando um oftalmologista a ilumina com uma luz brilhante através da pupila. [GREGORY; SIMON, 2008]

Pesquisas têm comprovado que o padrão de veias da retina é a característica com maior garantia de singularidade que uma pessoa pode possuir. Os sistemas que são capazes de medir os padrões de vasos sanguíneos da retina utilizam um *laser* de baixa intensidade e uma câmera. E para que se consiga obter uma imagem, deve-se colocar o olho perto da câmera. [VIGLIAZZI, 2006]

O processo de captura da retina é o seguinte:

O olho é posicionado em frente ao sistema, aproximadamente 3 polegadas de um leitor ocular. O usuário deve olhar para um ponto verde por alguns

segundos, visível através do leitor. Quando isso for feito, o olho está suficientemente focado para que o *scanner* capture o padrão da retina. Uma área conhecida como fóvea, situada no centro da retina, é lida e um padrão único das veias sanguíneas é capturado [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

### 3.3.5 Face (Sistema Biométrico Fisiológico)

O reconhecimento de faces ocorre praticamente desde o nascimento, embora como reconhecê-las é mais bem entendido hoje em dia, pois é possível ensinar aos computadores a fazê-lo sob certas condições. Alguns *notebooks* usam reconhecimento facial como uma forma de autenticação antes de um usuário acessar o computador [GREGORY; SIMON, 2008].

Para reconhecer o rosto de uma pessoa, os programas tecnicamente mapeiam a geometria e as proporções da face. Na realidade, são registrados vários pontos delimitadores na face, os quais permitem definir proporções, distâncias e formas de cada elemento do rosto e, com base nesses dados, iniciar as comparações. Os pontos principais são: olhos, nariz, queixo, maçãs do rosto, orelhas e lábios. [VIGLIAZZI, 2006, p.29].

A tecnologia de reconhecimento facial leva em conta as medidas do rosto que nunca se alteram, mesmo que a pessoa seja submetida a cirurgias plásticas. As medidas básicas são:

- “Distância entre os olhos;
- Distância entre a boca, nariz e os olhos;
- Distância entre olhos, queixo, boca e linha dos cabelos.” [VIGLIAZZI, 2006].

O processo de captura do reconhecimento facial ocorre da seguinte maneira:

Técnicas padrões de vídeo usam uma imagem facial, ou uma coleção de imagens, capturadas por uma câmera de vídeo. A posição precisa da face do usuário e as condições de iluminação podem afetar o desempenho do sistema. Normalmente a imagem facial completa é capturada e um número de pontos pode ser mapeado na face. Por exemplo, a posição dos olhos,

boca e narinas podem ser traçadas para que um *template* único seja construído. Alternativamente, um mapa facial tridimensional pode ser criado a partir da imagem capturada [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

### 3.3.6 Assinatura (*Sistema Biométrico Comportamental*)

O modo que uma pessoa assina seu nome é conhecido como uma característica do indivíduo. Embora assinaturas requeiram contato com um instrumento de escrita e um esforço por parte do usuário, eles tem sido aceitos como um método de autenticação. A assinatura é uma biometria comportamental que muda após certo período de tempo e é influenciada por condições físicas e emotivas [JAIN; FLYNN; ROSS, 2007].

Os sistemas biométricos conferem a assinatura dos seguintes modos:

- **Imagem estática:** Este é o mais velho tipo de reconhecimento de escrita onde se compara uma imagem de assinatura previamente armazenada com um novo exemplo para ver se elas combinam;
- **Assinatura dinâmica:** Neste método, analisa-se o movimento da caneta ou a dinâmica de como a imagem da assinatura é criada;
- **Pressão aplicada:** Modo na qual é medida a pressão aplicada na superfície da escrita enquanto a assinatura está sendo criada [GREGORY; SIMON, 2008].

O processo de captura da verificação da assinatura ocorre como descrito a seguir:

Os dados da assinatura podem ser capturados através de uma caneta ou superfície sensível, ou ambos. O método baseado na caneta incorpora sensores dentro da mesma. O método da superfície permite que a superfície sinta as características únicas da assinatura. Outra variação tem sido desenvolvida e é conhecida como emissão acústica. Ela mede o som que a caneta faz contra o papel [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

Uma grande vantagem que pode ser citada com o uso da assinatura como sistema biométrico é que a assinatura é um dos modos mais aceitos para validação de identidade, sendo largamente utilizada.

### 3.3.7 Voz (*Sistema Biométrico Comportamental*)

“O reconhecimento da voz é uma tecnologia que analisa os padrões harmônicos e não apenas reproduções seqüenciais predefinidas.” Existem dois pontos contras para o uso da autenticação por reconhecimento da voz por impedirem a precisão do processo: o ambiente que é poluído sonoramente e o estado emocional do indivíduo [VIGLIAZZI, 2006].

O som da voz humana ocorre devido a ressonância nas cordas vocais. Existem características importantes para a boa medição da voz, que são: O comprimento da corda vocal, o formato da boca e as cavidades nasais. [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009]. Existem alguns métodos que são utilizados para o reconhecimento da voz, eis alguns exemplos:

- **Texto fixo:** O usuário fala palavras ou frases predefinidas, que são gravadas na inscrição. As palavras devem ser secretas, mas uma vez gravada, o processo de regravação é fácil de ser realizado;
- **Dependência de texto:** O usuário tem que dizer uma frase específica. O sistema alinha o que o usuário diz com o texto conhecido, desta forma, identificando ou rejeitando. A identificação inicial, neste caso, pode demorar um longo período;
- **Texto independente:** O sistema identifica qualquer coisa que o usuário diz [VIGLIAZZI, 2006, p.39].

Para o processo de captura de voz, “um usuário fala em um microfone e dita uma frase previamente selecionada (dependente) ou randômica (independente). Este processo geralmente é repetido algumas vezes para se construir um perfil da voz” [CONSULTORES BIOMÉTRICOS, 2009].

### 3.3.8 *Modo de andar (Sistema Biométrico Comportamental)*

O modo de andar de uma pessoa forma um padrão único que pode ser capturado para propósitos biométricos e é um dos poucos capazes de reconhecer alguém à distância. Às vezes é fácil reconhecer uma pessoa em particular apenas reparando no modo em que ela caminha [JAIN; FLYNN; ROSS, 2007]. Porém, o modo de andar não pode ser considerada uma característica única de um indivíduo, mas é suficientemente característico para permitir a autenticação da identidade [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002].

O modo de andar é uma biometria comportamental e ela varia conforme o passar do tempo, podendo ser devido a aumento de peso ou a um período de embriaguez, por exemplo. Embora a característica do modo de andar de uma pessoa tenha sido bastante pesquisada pela comunidade biomecânica, seu uso para identificação é um propósito bem recente [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002].

A maioria dos algoritmos de reconhecimento do modo de andar esforça-se para extrair a silhueta do indivíduo. Portanto, a seleção de um bom modelo para representar um corpo humano é muito importante ao funcionamento eficiente do sistema de reconhecimento do modo de andar [JAIN; FLYNN; ROSS, 2007].

Tipicamente, as características do modo de andar são derivadas de uma análise de uma cena de um vídeo de uma pessoa caminhando e consiste na caracterização de diversos tipos de movimentos de cada articulação. Atualmente, não existe qualquer sistema comercial para autenticação baseada no modo de andar [JAIN; BOLLE; PANKANTI, 2002].



### 3.3.9 Modo de digitar (Sistema Biométrico Comportamental)

O ritmo de alguém digitando é único assim como a assinatura. O tempo preciso do ato de teclar é um produto da geometria da mão, do som dos músculos da mão e do antebraço, assim como da habilidade do cérebro em enviar os sinais adequados na hora certa. E um ótimo fator sobre a biometria do modo de digitar é que esta é inteiramente passiva, isto é, um programa que continuamente mede o ato de teclar e pode, em muitos casos, sentir quando alguém se afastou do teclado e quando outro se aproximou e continuou a digitar [GREGORY; SIMON, 2008].

O reconhecimento da digitação não requer que seja instalado *hardware* adicional. Com apenas um teclado e o *software* que analisa e identifica o ritmo da digitação, é possível realizar esse tipo de reconhecimento. A grande vantagem dessa técnica é que pode ser adotada em diversas empresas, pois o usuário não saberá que está sendo verificado e identificado pelo sistema [VIGLIAZZI, 2006].

## 4. Implementação do *Hardware*

Neste capítulo, é abordada a parte física do projeto desenvolvido, detalhando os componentes utilizados, suas principais características e as dificuldades encontradas na utilização destes.

Para a elaboração desse projeto, aquisição de equipamentos e construção de circuitos tornaram-se necessárias. Para a verificação das impressões digitais, foi adquirido o Módulo FIM3030HV, da Nitgen [NITGEN DO BRASIL, 2009]. O microcontrolador utilizado é o AT89S8253, incluso no Kit8051XN, da Microgenios [MICROGENIUS, 2009]. O motor de passo é o SM1.8-A16-SE, da Action Technology [ACTION TECHNOLOGY, 2009]. O componente utilizado para fornecer a corrente necessária ao motor de passo é o ULN2003. Por fim, criou-se um protótipo com todos os equipamentos. Estes componentes são descritos a seguir.

### 4.1 Módulo FIM3030 HV

Os módulos FIM são módulos de identificação por impressão digital e são produzidos e distribuídos pela empresa Nitgen que possui filiais no Brasil, nos Estados Unidos e na Coreia. Existem quatro classes de módulos FIM e são distribuídas da seguinte maneira: Módulos FIM20xx, FIM30xx, FIM1140 e FIM3141, cada um com suas características e tipos diferentes de aplicações [NITGEN DO BRASIL, 2009].

Para esse projeto, o módulo FIM30xx foi a escolha mais adequada por ser o mais viável financeiramente, em torno de quatrocentos reais (Uma tabela com os gastos exatos dos equipamentos encontra-se no Apêndice B desta monografia), e por possuir característica útil ao que foi proposto, que é a fácil utilização de suas funções chaves, que são identificação, deleção e cadastro. A variável xx indica que existe mais de uma versão do produto, no caso o FIM3030 e o FIM3040, sendo fabricado em duas tensões de alimentação, LV (*Low Voltage*) e HV (*High Voltage*). A única diferença entre o FIM3030 e o FIM3040 é em relação ao modelo do sensor, sendo que o sensor do FIM3040 é um pouco maior quando comparado ao do FIM3030. Com relação às tensões, um módulo

LV trabalha com tensão de 3,3V, enquanto o HV com 5V [NITGEN DO BRASIL, 2009].

O Módulo FIM possui duas saídas de respostas, conhecidas como sucesso e falha, para as três funções chaves. Para cada função ativada, é enviado um pulso no valor de 3,3V para o microcontrolador informando se a digital inserida foi devidamente reconhecida ou se apresentou erro no processo.

O *kit* do módulo FIM3030 HV é composto por um sensor óptico, um cabo que liga o sensor à placa, um cabo molex de 9 pinos que liga a placa à um meio externo e a própria placa processadora onde estão acoplados os componentes primordiais para o funcionamento do *kit*, que são a CPU, a memória e o conector de entrada e saída [NITGEN DO BRASIL, 2009].

Este dispositivo possui características propícias ao projeto, provendo os seguintes benefícios: Alto desempenho na identificação, baixo consumo de energia, uma interface serial RS-232 que permite expandir seu uso em diversas aplicações e um processamento de alta velocidade de validação (1:1) e identificação (1:N) de usuários. Dentre suas aplicações, podem-se citar um sistema de travamento de portas, de controle de veículos e de cofres de segurança [NITGEN DO BRASIL, 2009].

A figura 9 mostra uma imagem do *kit* adquirido, enquanto que na tabela 2 é apresentada sua especificação.



Figura 9 – Módulo FIM3030HV  
Fonte: [NITGEN DO BRASIL, 2009]

Tabela 2 – Especificação do Módulo FIM3030HV  
Fonte: Adaptado de [NITGEN DO BRASIL, 2009]

| Item                    |           | FIM3030 HV                                     |
|-------------------------|-----------|--|
| Especificação da Placa  | CPU       | ADSP-BF531                                     |
|                         | DRAM      | 8Mbyte SDRAM                                   |
|                         | Flash ROM | 1Mbytes  |
| Dimensão                |           | 43x60 [mm <sup>2</sup> ]                       |
| Sensor                  |           | OPP03  |
| Fornecimento de Energia |           | 5.0 +- 0.5 [V]                                 |
| Consumo de Corrente     |           | Stand-by: 55 [mA] Operação: 210 [mA]           |
| Temperatura em Operação |           | -20 ~ 60 [°C]                                  |
| Umidade                 |           | ~ 90 [%]                                       |
| Canal de Comunicação    |           | RS-232 Velocidade: 9600 - 115200 [bps]         |
| Entrada/Saída Externa   |           | 3 entradas de dados e 2 saídas para resultados |

#### 4.1.1 Funcionamento do Módulo FIM3030 HV

Quando um usuário coloca seu dedo no sensor pela primeira vez, sua digital é escaneada e uma imagem em 2D é capturada. Toda digital possui um número de características físicas únicas chamadas de minúcias. A maioria das minúcias é encontrada no centro da digital e os pontos que são utilizados para o reconhecimento desta são encontrados próximos ao centro da impressão digital, conforme se pode observar na figura 10 [BIOENABLE, 2009].



Figura 10 – Pontos cruciais para o reconhecimento da digital  
Fonte: [BIOENABLE, 2009]

O usuário é parcialmente registrado na memória da placa processadora após serem extraídas as principais minúcias da digital. Quando o sensor pisca pela segunda vez, ocorre a etapa de confirmação da digital para concretizar o cadastramento. [BIOENABLE, 2009]. Quando a digital for novamente inserida, ocorre uma verificação das minúcias apresentadas com àquelas previamente cadastradas na memória da placa, confirmando ou não a identidade do usuário.

O funcionamento padrão dos algoritmos de verificação de impressão digital ocorre da seguinte maneira: O *software* utiliza um algoritmo de reconhecimento e análise das minúcias. Esse algoritmo varia de empresa para empresa, mas a lógica principal é a mesma. Consiste em medir as várias posições das minúcias encontradas na digital e armazená-las em sua memória. Quando ocorre a verificação, o *software* não necessita encontrar todas as minúcias armazenadas para o reconhecimento, mas apenas um número suficiente, pré-programado, que esteja em comum com a colocada no sensor [HOWSTUFFWORKS, 2009].

#### 4.1.2 Procedimento para ligar o módulo

Esse *kit* apresentou três problemas. O primeiro foi o fato de não possuir uma entrada específica para fornecimento da alimentação. O segundo por não vir com a fonte de 5V. E o terceiro, por não vir qualquer manual que fornecesse informações claras de seu funcionamento. Todo o processo de fornecimento de energia e de comunicação do módulo com um meio externo é feito única e exclusivamente através da entrada JP1 da placa (detalhes técnicos do *kit* podem ser encontrados no Anexo A e B desta monografia) a qual é realizada por um conector molex de 9 pinos. A partir desse momento, exigiu-se a compra de uma fonte de 5V para alimentar o *kit*. Com a fonte em mãos, foi necessário cortar sua extremidade, retirando o conector, para ligar o VCC e o GND da fonte nos respectivos pinos do módulo. Conforme a tabela 3 mostrada a seguir, é possível identificar as pinagens do conector de 9 pinos do módulo.

Tabela 3 – Descrição dos pinos do módulo FIM3030 HV  
Fonte: Adaptado de [NITGEN, 2006]

| Módulo FIM3030 HV |              |              |   |
|-------------------|--------------|--------------|---|
| Pino              | Cor do Pino  | Nome do Pino | Descrição   |
| 1                 | Preto        | VCC          | 3.3V (FIM30xxLV) / 5V (FIM30xxHV)                       |
| 2                 | Azul         | RXD          | RS-232 RX Sinal Recebido                                |
| 3                 | Amarelo      | TXD          | RS-232 Tx Sinal Transmitido                             |
| 4                 | Preto escuro | SUCCESS      | Saída indicando sucesso na autenticação                 |
| 5                 | Roxo         | FAIL         | Saída indicando falha na autenticação                   |
| 6                 | Verde        | Enroll_Key   | Entrada para cadastrar digital sem comunicação RS-232   |
| 7                 | Marrom       | Delete_Key   | Entrada para apagar digital sem comunicação RS-232      |
| 8                 | Laranja      | Identify_Key | Entrada para identificar digital sem comunicação RS-232 |
| 9                 | Vermelho     | GND          | Ground  |

Após essa etapa, a fim de testar o módulo via RS-232, foi necessário comprar um cabo DB9 Fêmea-Fêmea. Mais uma vez, uma das pontas do cabo teve de ser cortada para determinar as cores dos pinos referentes ao Rx, Tx e GND para poder conectá-las no módulo. A figura 11 mostra os pinos de um conector DB9 Fêmea.

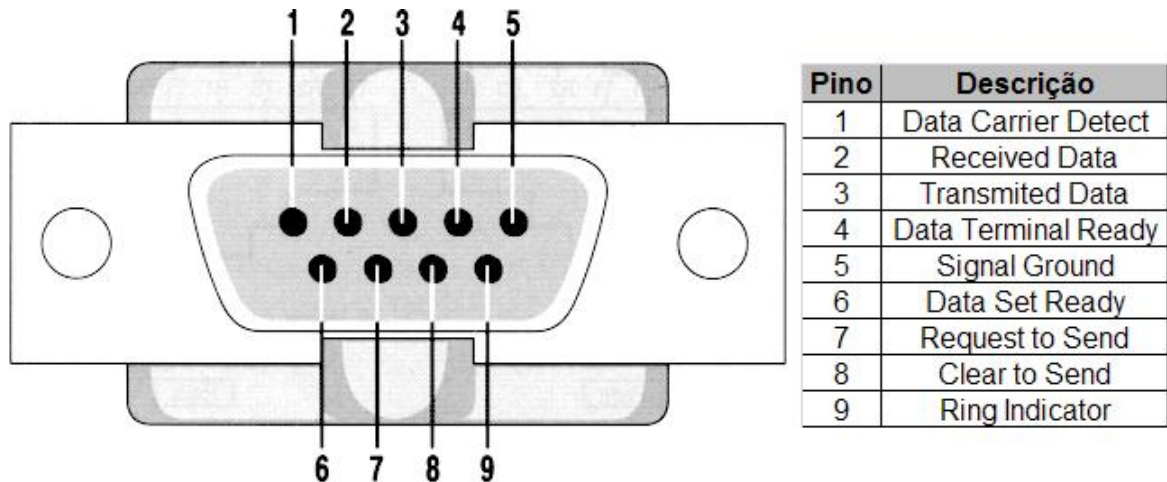


Figura 11 – Descrição dos Pinos do conector DB9

O procedimento para conectar os pinos é apresentado a seguir:

- Ligar o pino 2 (Rx) do módulo ao pino 3 (Tx) do cabo serial;
- Ligar o pino 3 (Tx) do módulo ao pino 2 (Rx) do cabo serial;
- Ligar o pino 1 (VCC) do módulo ao VCC da fonte de 5V;
- Ligar o pino 9 (GND) do módulo ao GND da fonte de 5V;
- Ligar o pino 5 (GND) do cabo serial ao GND da fonte de 5V.

Após a aquisição de alguns componentes, como placa de fenolite perfurada, fios *jumpers* e conectores, foi possível criar o circuito necessário para a comunicação do *kit* via RS-232 com o computador e para o fornecimento de energia. Aproveitou-se o momento e já se preparou todas as portas para o posterior uso com o microcontrolador. A figura 12 mostra o circuito criado.

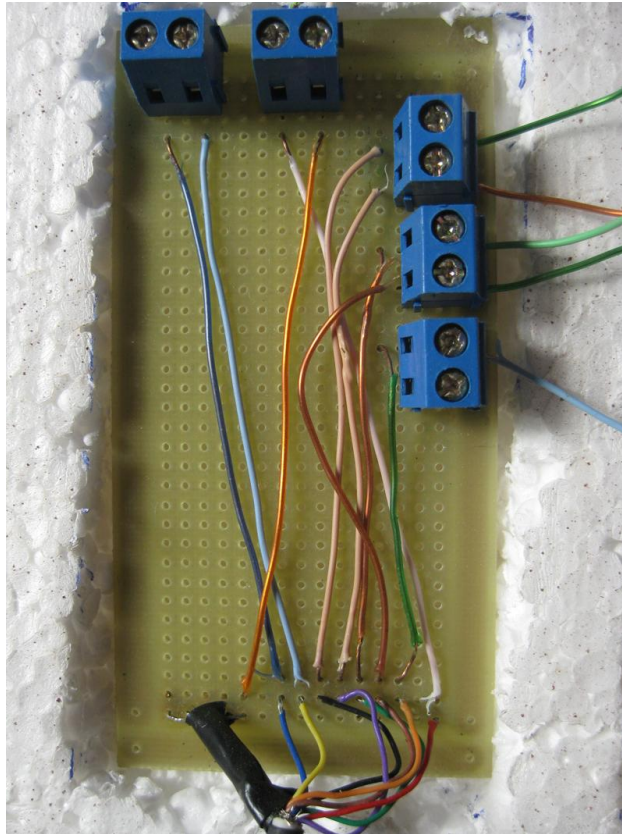


Figura 12 – Circuito para ligação do módulo à fonte e ao computador

Com esta etapa concluída, foi finalmente possível testar o módulo através do programa EvTools, que pode ser obtido diretamente do site da Nitgen, e sua interface principal é mostrada na Figura 13 [NITGEN DO BRASIL, 2009].

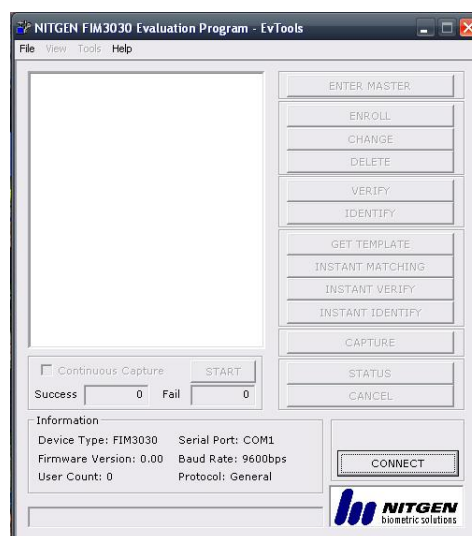


Figura 13 – Programa EvTools, da Nitgen



## 4.2 Microcontrolador 8051

O *kit* escolhido para este projeto foi o Kit8051XN – Módulo Profissional AT89S8253 Atmel, da Microgenios. Chegar à essa escolha não foi fácil, pois existem diversos *kits*, cada um com suas características, mas praticamente todos eram limitados em relação às portas de expansão, possuindo apenas uma porta de expansão disponível, com 10 pinos ou 5 pinos, a qual não servia para o propósito do projeto devido a necessidade de pinos extras para a conexão dos demais equipamentos.

A busca por microcontroladores foi realizada em vários *sites* e estes podem ser encontrados na bibliografia complementar desta monografia. Após extensa pesquisa, a Microgenios foi escolhida para a compra do kit 8051, apesar do valor elevado do produto, também em torno de quatrocentos reais (O custo exato encontra-se no Apêndice B desta monografia).

O kit8051XN é um *kit* bastante completo, possuindo diversas funções e características que o diferem dos outros *kits* disponíveis para compra. Abaixo estão suas características [MICROGENIUS, 2009].

- Suporta programação *Assembly*, C e *Basic*;
- Interface para *display* LCD com *backlight* com controle de contraste;
- 32kb de memória *RAM* externa;
- 4 Portas de Expansão (P0 a P3) com pinos de controle (conectores de 14 vias);
- Cristal de 11.0592 MHz;
- Porta de Comunicação Serial RS232;
- 1 conector de 34 vias com barramento de endereços, dados e vias de controle para conexão à placas de periféricos;
- Acompanha Relógio de Tempo Real - RTC I2C - PCF8583 – Philips;
- Memória EEPROM 24C04 I2C (4KByte);
- Conversor A/D de 4 canais 8 bits e 1 D/A I2C - PCF8591 – Philips.

Os *softwares* inclusos são:

- *Softwares* de uso livre: JFE, SDCC - Compilador C, Rigel Reads51, Context (Este último foi o utilizado para a escrita, compilação e simulação do projeto);
- Aplicativos *Windows* para transferência de arquivos HEX e BIN e terminal de comunicação com a placa;
- Exemplos de programas e rotinas para acesso aos vários recursos da placa, como: controle do *display* LCD, acender LEDs, acionar relés, serial e relógio;
- *Datasheet* de todos os componentes do *Kit*;
- Curso do 8051.

Por fim, os componentes que integram o kit8051XN são:

- Uma placa microcontrolada 8051XN;
- 1 microcontrolador Atmel AT89S8253;
- 1 Memória HM62256B (32kb RAM);
- 1 RTC PCF8583;
- 1 Memória 24C04;
- 1 Conversor A/D D/A de 4 canais 8 bits, PCF8591;
- LCD 16X2 HD44780A com *backlight*;
- CD com manual da placa e *softwares*;
- 1 cabo de gravação *kit*- PC;
- 1 fonte de alimentação 9V/500mA.

Na figura 14 é mostrada uma imagem do *kit*.

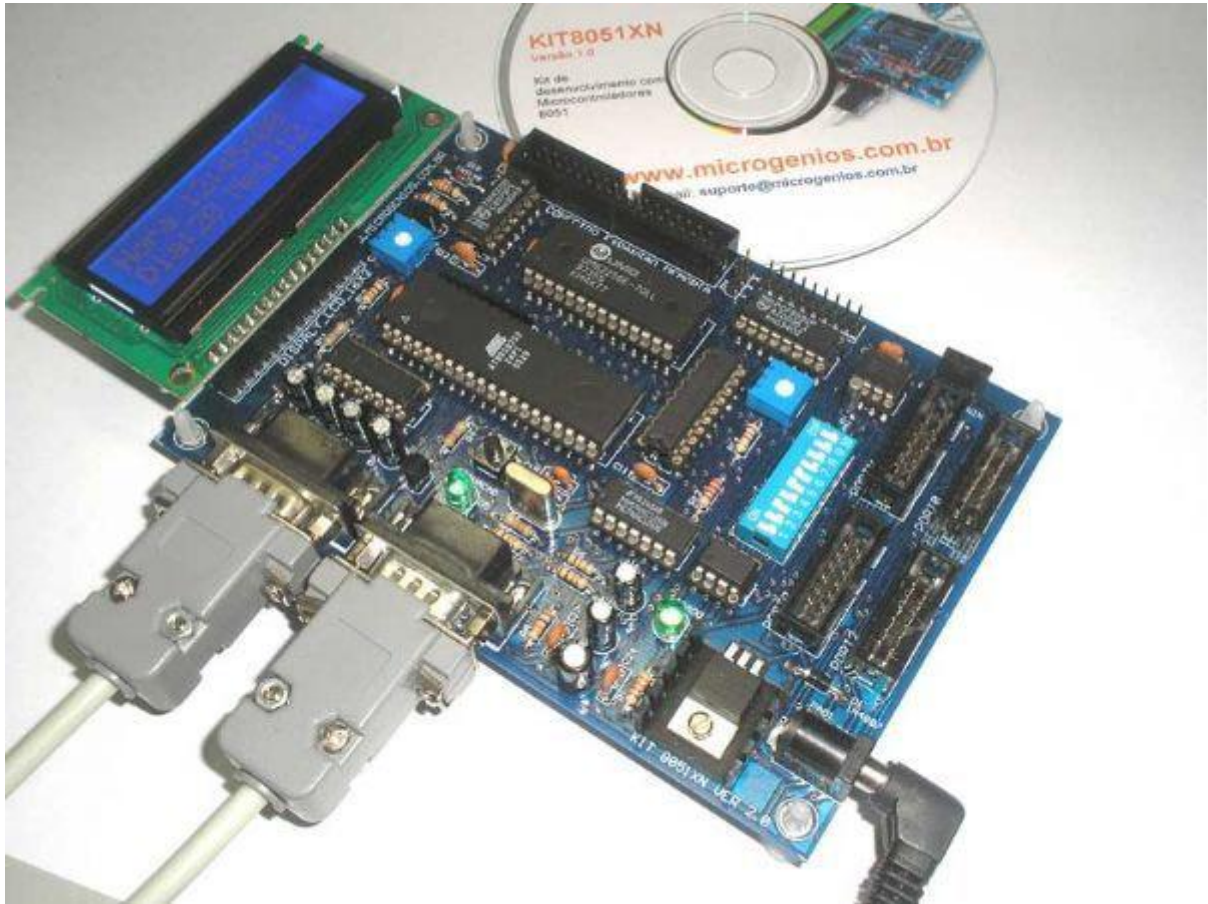


Figura 14 – Kit8051XN - Kit8051XN – Módulo Profissional AT89S8253 Atmel  
Fonte: [MICROGENIUS, 2006]

### 4.3 Motor de Passo

O motor de passo foi escolhido para realizar a movimentação da trava devido a sua facilidade de programação, sua precisão e por possuir rotação para ambos os lados. A seguir, é explicado seu funcionamento.

Motores de passos são dispositivos mecânicos eletros-magnéticos que podem ser controlados digitalmente através de um *hardware* específico ou através de *softwares* e são encontrados em aparelhos onde a precisão é um fator importante, como em impressoras, *plotters*, *scanners*, *drivers* de disquetes, discos rígidos e muitos outros aparelhos [PUCRS, 2009]. Eles são largamente utilizados em aplicações onde é necessário controlar os números de rotações.

O motor de passo é conhecido por esse nome justamente por realizar passos previamente projetados, ou seja, deslocar-se angularmente de uma posição para outra. A quantidade de passos que um motor de passo realiza depende do ângulo de passo desse motor. Por exemplo, existem diversas resoluções para esses tipos de motores, como  $0.72^\circ$ ,  $1.8^\circ$ ,  $7.5^\circ$ ,  $90^\circ$ , entre muitos outros. Quanto menor for esse ângulo de passo, mais preciso será o motor, pois com um intervalo de deslocamento menor, melhor são os resultados [MESSIAS, 2009].

Caso se deseje descobrir quantos passos são necessários para que o motor adquirido realize uma volta completa ( $360^\circ$ ), é necessário efetuar um cálculo bastante simples, que consiste na divisão dos  $360^\circ$  da volta completa pelo ângulo de passo do motor. Por exemplo, o motor de passo adquirido para este projeto possui as seguintes características:

- Tensão: 12V;
- Corrente: 160mA;
- Resistência:  $75\Omega$ ;
- Ângulo de passo:  $1.8^\circ$ .

Para descobrir a quantidade de passos desse motor, é necessário realizar a seguinte operação:

$$\text{Passos por Volta} = 360^\circ / 1.8^\circ$$

$$\text{Passos por Volta} = 200$$

Desse modo, para que o motor adquirido possa realizar uma volta completa, é necessário efetuar 200 passos.

#### 4.3.1 Características dos motores de passo

Um motor de passo possui dois componentes para o seu funcionamento, conhecidos por rotor e estator. O estator é um equipamento que consiste de duas ou mais bobinas individuais e o rotor é um eixo que permite girar o motor de passo. [TORO, 1999]

Quando as bobinas no estator são percorridas por uma corrente elétrica, elas geram um campo magnético que proporciona o movimento do rotor. Para que ocorra a rotação das bobinas, é necessário o uso de um circuito externo, como um microcontrolador, para controlar a corrente nas bobinas. Caso o motor fosse ligado diretamente à alimentação, este não funcionaria, pois não haveria um mecanismo adequado para controlar o modo em que as bobinas iriam girar [ELETRÔNICA, 2009].

A classificação do motor de passo é determinada pelo projeto do rotor. Se este for construído utilizando um ímã permanente preso ao seu eixo, o motor recebe o nome de motor de passo de ímã permanente. Caso não exista qualquer ímã permanente, o motor é conhecido por motor de passo de relutância variável [TORO, 1999]. Se ocorrer uma mistura das características do motor de passo de ímã permanente com o de relutância variável, o motor recebe o nome de motor de passo híbrido [FITZGERALD, 2003]

Todo motor de passo possui um conjunto de especificações que o caracteriza. As informações mais importantes são [ELETRÔNICA, 2009]:

- **Esquema de Ligação:** Duas opções são possíveis: Unipolares e Bipolares. Os unipolares possuem apenas um fio central entre o enrolamento de suas bobinas e são mais fáceis de serem programados. Os bipolares possuem mais de um fio central, são mais complexos e apresentam maior torque;
- **Tensão Nominal;**
- **Corrente;**
- **Resistência;**

- **Holding Torque:** É a potência mínima necessária para fazer o motor mudar da posição parada e entrar em movimento;
- **Ângulo de Passo:** O ângulo determina a quantidade de passos necessários para ser realizada uma volta completa.

#### 4.3.2 Estados do motor de passo

Existem três estados possíveis que determinam o seu funcionamento, o estado desligado, o parado e o rodando [MESSIAS, 2009].

O estado desligado é aquele na qual não há fornecimento de energia, ou seja, não existe qualquer tipo de alimentação que faça com que o motor seja acionado. Conseqüentemente, todas as bobinas estão desligadas, não realizando qualquer tipo de movimento. No estado parado, já existe o consumo de energia por parte do motor. Nesse caso, pelo menos uma bobina fica energizada, fazendo com que o motor permaneça alinhado em apenas uma posição, ou seja, parado. Por fim, o estado rodando faz uso completo da energia, pois para que ocorra o processo de movimentação de um motor em um sentido definido, é necessário energizar as bobinas em intervalos de tempos determinados [MESSIAS, 2009].

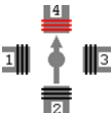
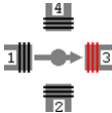
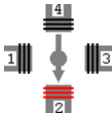
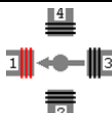
#### 4.3.3 Modos de operação de um motor de passo

Os modos de operação definem características ao desenvolvimento de um projeto, pois é devido a esses modos que é possível determinar que o motor atue com uma velocidade maior ou menor de rotação, o grau de precisão da aplicação, assim como uma quantidade de torque mais eficaz.

Existem dois modos possíveis, o *Full-Step* (Passo completo) e o *Half-Step* (Meio passo). Porém, o *Full-Step* pode ser realizado de duas maneiras distintas, cada uma com suas vantagens e desvantagens, e o *Half-step* é realizado de maneira única. Para um melhor entendimento, os dois modos do *Full-Step* são definidos como *Full-Step* Modo 1 e *Full-Step* Modo 2.

O *Full-Step* Modo 1 é caracterizado por energizar apenas uma bobina a cada passo. Dessa maneira, apresenta menor torque entre os três modos, consome menos energia e apresenta uma velocidade maior quando comparado ao *Half-Step* [MESSIAS, 2009]. A tabela 4 demonstra o *Full-Step* Modo 1.

Tabela 4 - Modo de Operação Full-Step Modo 1  
Fonte: Adaptado de [PUCRS, 2009]

| Bobina 4  | Bobina 3  | Bobina 2  | Bobina 1  | Resultado  |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| <b>On</b> | Off       | Off       | Off       |   |
| Off       | <b>On</b> | Off       | Off       |   |
| Off       | Off       | <b>On</b> | Off       |   |
| Off       | Off       | Off       | <b>On</b> |  |

A tabela 4 exemplifica como a programação deve ser feita para que se possa controlar o *Full-Step* Modo 1. Mas como os comandos devem ser fornecidos em binário e ao assumir que *On* equivale a 1 e *Off* a 0, obtêm-se a tabela 5.

Tabela 5 - Modo de Operação Full-Step Modo 1 em binário.  
Fonte: Adaptado de [MESSIAS, 2009]

| Número do passo | Bobina 4 | Bobina 3 | Bobina 2 | Bobina 1 | Decimal  |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b>        | <b>1</b> | 0        | 0        | 0        | <b>8</b> |
| <b>2</b>        | 0        | <b>1</b> | 0        | 0        | <b>4</b> |
| <b>3</b>        | 0        | 0        | <b>1</b> | 0        | <b>2</b> |
| <b>4</b>        | 0        | 0        | 0        | <b>1</b> | <b>1</b> |

Já o *Full-Step* Modo 2 energiza duas bobinas a cada passo, possuindo maior torque, maior consumo de energia e mesma velocidade quando comparado ao *Full-Step* Modo 1 [MESSIAS, 2009]. A Figura 15 e a Tabela 6 demonstram esse passo.



Figura 15 - Modo de Operação Full-Step Modo 2  
Fonte: Adaptado de [MESSIAS, 2009]

Tabela 6 - Modo de Operação Full-Step Modo 2 em binário.  
Fonte: Adaptado de [MESSIAS, 2009]

| Número do passo | Bobina 4 | Bobina 3 | Bobina 2 | Bobina 1 | Decimal |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 1               | 1        | 1        | 0        | 0        | 12      |
| 2               | 0        | 1        | 1        | 0        | 6       |
| 3               | 0        | 0        | 1        | 1        | 3       |
| 4               | 1        | 0        | 0        | 1        | 9       |

O *Half-Step* é o mais complicado dos três quando se trata de programação. Este modo é derivado da combinação do *Full-Step* Modo 1 com o Modo 2. Consiste em girar o motor metade de um passo e para isso, excita duas bobinas e depois uma de cada vez [PUCRS, 2009]. A Figura 16 e a Tabela 7 demonstram esse passo.

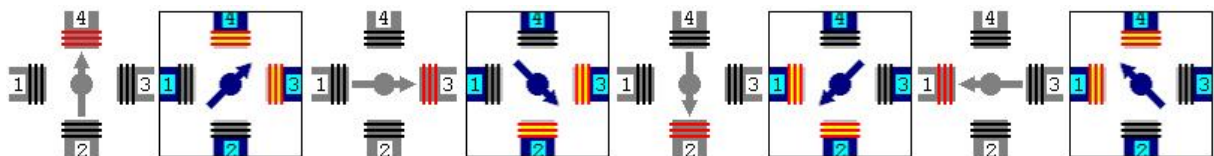


Figura 16 - Modo de Operação Half-Step  
Fonte: Adaptado de [PUCRS, 2009] [MESSIAS, 2009]



Tabela 7 - Modo de Operação Half-Step.  
 Fonte: Adaptado de [MESSIAS, 2009]

| Número do passo | Bobina 4 | Bobina 3 | Bobina 2 | Bobina 1 | Decimal   |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>1</b>        | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>8</b>  |
| <b>2</b>        | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>12</b> |
| <b>3</b>        | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>4</b>  |
| <b>4</b>        | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>6</b>  |
| <b>5</b>        | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>2</b>  |
| <b>6</b>        | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>3</b>  |
| <b>7</b>        | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>1</b>  |
| <b>8</b>        | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>9</b>  |

Todas as demonstrações citadas acima estão programadas para movimentar o motor em sentido horário. Caso se queira inverter a rotação do motor, de modo que ele gire em sentido anti-horário, deve-se apenas inverter a sequência de passos. Por exemplo, toma-se o *Full-Step* Modo 1. Para se energizar as bobinas 1 e 2, deve-se enviar os seguintes passos: 1000 e 0100, respectivamente. Para inverter o sentido, deve-se enviar 0001 e 0010, e assim sucessivamente.

#### 4.3.4 Características do Motor de Passo Adquirido

O motor de passo adquirido é o SM1.8 – NEMA 16 (NEMA é a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos e 16 refere-se ao tamanho do motor de passo, que são 39mm para um de seus lados), fabricado pela *Action Technology*, que é uma empresa que trabalha e comercializa produtos como motores elétricos, ionizadores, rolamentos e servo motores [ACTION TECHNOLOGY, 2009]. Embora seja possível comprá-lo diretamente desta, a compra foi efetuada pela Microgenios, juntamente com o *Kit*. Suas principais características são:

- **Modelo:** SM1.8-A16-SE;
- **Esquema de Ligação:** Unipolar;
- **Tensão Nominal:** 12V;
- **Corrente:** 160mA;
- **Resistência:** 75Ω;
- **Torque:** 1.1Kgf.cm;

- **Ângulo de Passo:** 1.8°.

A figura 17 mostra o motor de passo adquirido.

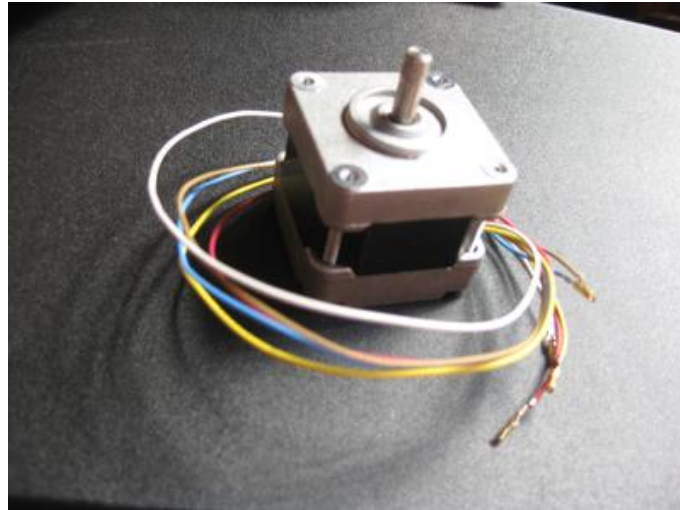


Figura 17 - Motor de passo SM1.8-A16-SE

#### 4.4 ULN2003

O ULN2003 é um circuito integrado<sup>2</sup> utilizado como um *driver* de potência, amplificando os sinais de saída. Trabalha com correntes de até 500mA e com tensões de até 50V [DATASHEET ULN2003, 2009]. São circuitos prontos para serem utilizados em diversas aplicações, como no controle de motores de passo, com relês e outros dispositivos [MESSIAS, 2009]. Possui ao todo 16 pinos, sendo que o pino 8 é o GND, o pino 9 é o VCC, do pino 1 ao 7 são as 7 entradas e do pino 10 ao 16 são as 7 saídas. Além de ser um circuito bastante útil e eficaz, é barato. Este circuito é utilizado quando se deseja adicionar equipamentos mais potentes através do microcontrolador, pois este não fornece a corrente e tensão necessária para o funcionamento do dispositivo externo.

---

<sup>2</sup> Circuitos integrados são circuitos eletrônicos que são impressos em chips de silicone. Possuem como vantagens baixo custo, baixo consumo de energia, alto desempenho e pequenas dimensões.

Como o ULN2003 é um dispositivo que pode queimar facilmente caso seja excedida sua corrente, é importante utilizar equipamentos que consumam menos de 500mA, para evitar futuras perdas do CI em questão [MESSIAS, 2009].

A figura 18 mostra as entradas e saídas do ULN2003, assim como o VCC e o GND.

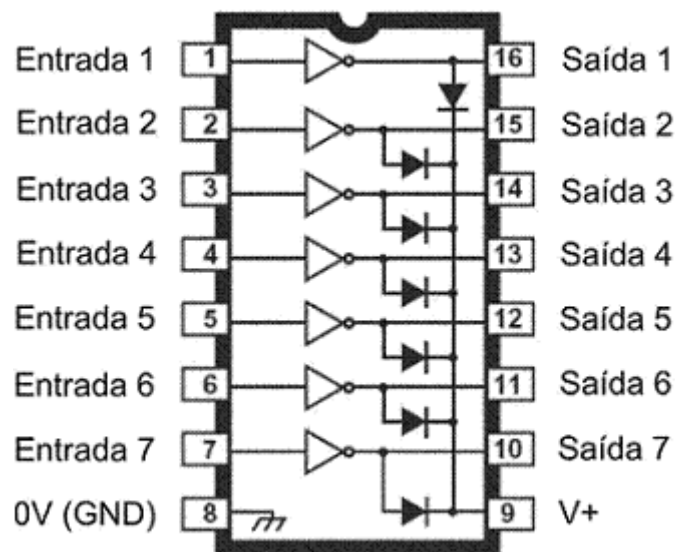


Figura 18 - ULN2003  
Fonte: [DATASHEET ULN2003, 2009]

#### 4.5 Desenvolvimento do *Hardware*

Com a aquisição de todos os equipamentos e após a etapa de aprendizagem, foi possível iniciar o desenvolvimento físico do protótipo. Para sua confecção, foram adquiridos diversos componentes como fios *jumpers*, protoboards, diodos e *switches* (Todos os componentes que integram esse projeto encontram-se na tabela de custos, no Apêndice B desta monografia). Com os equipamentos em mãos, juntamente com os componentes, os passos seguintes foram conectá-los entre si e o início da etapa da programação. A figura 19 mostra o protótipo desenvolvido.

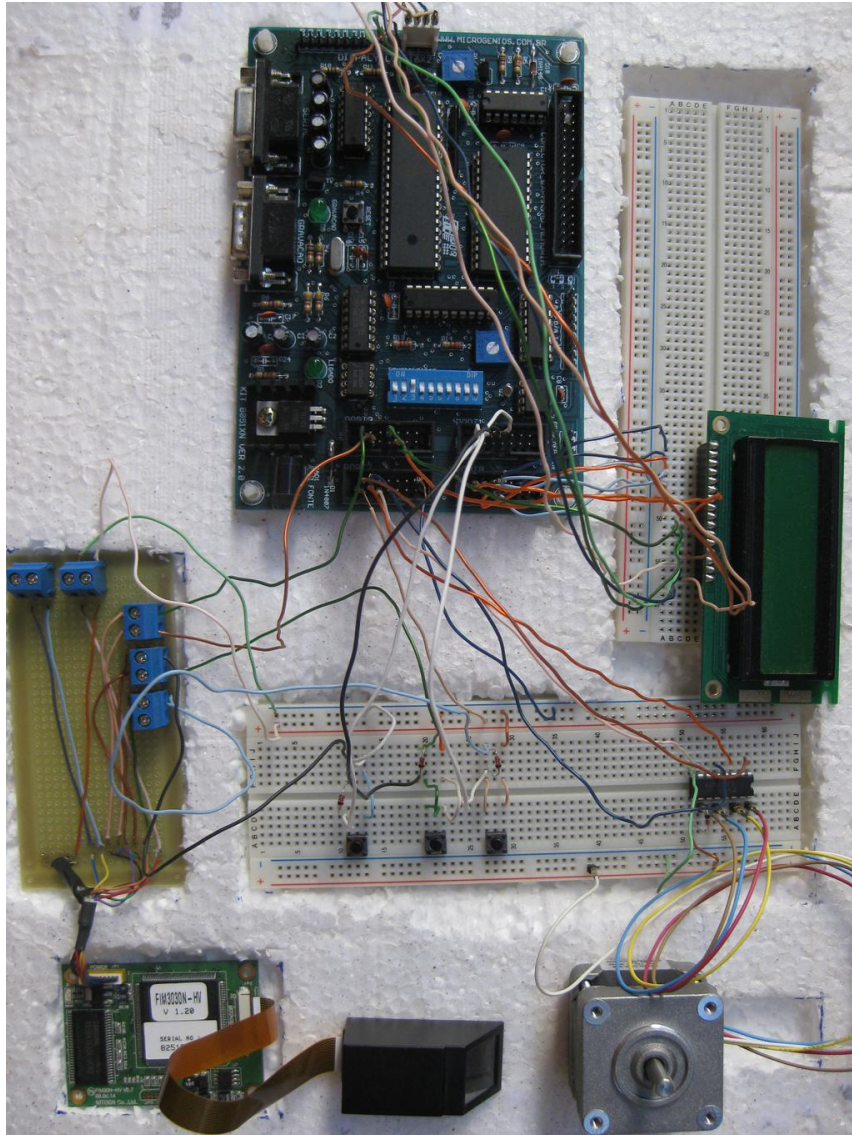


Figura 19 – Protótipo Desenvolvido para o Projeto

No *kit* 8051 há o microcontrolador AT89S8253. A partir do *kit*, são realizadas todas as conexões para os demais componentes através de suas portas de expansão. A porta P0 foi totalmente dedicada aos pinos de dados do LCD, que se encontra conectada em um protoboard separado. As duas principais instruções para a gravação de mensagens no LCD (*Register Select* e *Enable*) estão conectadas na porta P3. O GND, VCC, R/W (*Read/Write*) e os dois pinos de contraste do LCD estão conectados diretamente na entrada específica para o LCD no próprio *kit*.

A porta P1 recebe as informações providas das teclas de ativação das funções do módulo (identificação, deleção e cadastro) e essas teclas se encontram no segundo protoboard. Na porta P2 estão ligados os fios que enviam as instruções

para o motor de passo, correspondentes às bobinas, e estão conectados ao segundo protoboard, juntamente com o ULN2003, o motor de passo e uma fonte de 12V. Por fim, a porta P3 recebe o retorno das funções do módulo biométrico (Sucesso e Falha).

O fornecimento de energia para o módulo biométrico é realizado pelo próprio *kit*, através do VCC e GND da porta P2. O *kit* utiliza uma fonte de 9V para o fornecimento de energia e possui um regulador de tensão. Assim, seus pinos de saídas de VCC possuem valor de 5V, justamente a tensão na qual o módulo FIM3030HV trabalha.

Todas as funções e os pinos nas quais estão conectados são explicados detalhadamente no próximo capítulo.

## 5. Implementação do *Software*

Neste capítulo é abordada a parte lógica do programa e é descrito todo o *software* passo a passo. A linguagem utilizada para a programação é o *Assembly*. A topologia do projeto encontra-se no Apêndice C desta monografia.

### 5.1 Definições de Termos

Ao ser iniciado o código, são realizadas nomeações de termos através do recurso *Equate* (EQU) para simplificar e facilitar o processo de programação. Ao invés de utilizar a posição de memória de cada função durante a programação, utiliza-se uma palavra do agrado do programador a fim de ser facilmente memorizado. Cada termo utilizado corresponde a um pino específico do microcontrolador, ou a uma porta inteira, ou a qualquer função. A figura 20 mostra o trecho inicial do programa.

```

; *****
; DEFINIÇÕES
; *****

STEPPER      EQU P2
SUCESSO      EQU P3.0
FALHA        EQU P3.1
IDENTIFICAR  EQU P1.2
CADASTRO     EQU P1.6
DELETAR      EQU P1.4
DB0          EQU P0.0
DB1          EQU P0.1
DB2          EQU P0.2
DB3          EQU P0.3
DB4          EQU P0.4
DB5          EQU P0.5
DB6          EQU P0.6
DB7          EQU P0.7
RS           EQU P3.6
EN           EQU P3.7
DADOS        EQU P0
CARAC        EQU 00H
CONT_UNI     EQU R6
CONT_DEZ     EQU R7

```

Figura 20: Definições de termos

A porta P2 foi nomeada como *STEPPER*, de *stepper motor*, que significa motor de passo, e é responsável por enviar a sequência de bits adequada para o funcionamento do motor.

Os pinos P3.0 e P3.1 correspondem ao retorno das funções chaves do módulo biométrico. Sempre que uma opção é escolhida (Cadastro, identificação ou deleção) é enviado um pulso no valor de 3,3V do módulo para esses pinos no microcontrolador, que informam se a operação escolhida foi realizada com sucesso ou falha.

Os pinos P1.2, P1.4 e P1.6 correspondem aos botões que ativam as funções do módulo e são responsáveis por entrar na etapa de espera do retorno dessas funções.

Do pino P0.0 ao P0.7 estão conectados os pinos DB0 ao DB7 do LCD. A porta P0 foi nomeada como DADOS e os pinos P3.6 e P3.7, referentes ao RS (*Register Select*) e EN (*Enable*), também correspondem ao LCD. O RS é responsável por enviar instruções ao LCD enquanto que o EN é responsável por habilitar e desabilitar o *display* para a escrita. Embora no *kit* exista uma entrada específica para o LCD, convencionou-se conectá-lo manualmente na porta P0.

O termo CARAC foi utilizado como abreviação de caracteres. Foi nomeado com esse termo o endereço 00H, que equivale ao registrador R0 no Banco 0.

Por fim, os registradores R6 e R7 foram nomeados como contador de unidades e contador de dezenas, respectivamente.

## 5.2 Início do Programa

As principais instruções do programa encontram-se nesta etapa. É através da rotina principal que todo o programa se desenvolve e realiza as devidas chamadas às sub-rotinas que permitem o funcionamento do programa na ordem correta.

A figura 21 mostra o trecho inicial do programa.

```

; *****
;                                     INÍCIO
; *****

ORG 0000H
MOV R1,#02H
MOV R2,#02H
MOV TMOD,#11H
MOV CONT_UNI,#00H
MOV CONT_DEZ,#00H

MSG_INICIAL:  LCALL CONF_LCD
               MOV A,#80H
               LCALL ENV_INST
               MOV DPTR,#MSG1
               MOV CARAC,#0EH
               LCALL ESC_LCD
               LCALL DELAY2
MSG_INICIAL2: LCALL CONF_LCD
               MOV A,#80H
               LCALL ENV_INST
               MOV DPTR,#MSG2
               MOV CARAC,#0EH
               LCALL ESC_LCD
               MOV A,#0COH
               LCALL ENV_INST
               MOV DPTR,#MSG11
               MOV CARAC,#10H
               LCALL ESC_LCD
               CALL LE_IDENTIDADE

```

Figura 21: Início do programa

O ORG 0000H refere-se a posição inicial da memória onde o programa começa. Tanto o registrador R1 como o R2 recebem o valor numérico dois para a lógica de acionamento do motor e o TMOD, ao ser estabelecido como 11H, habilita o *timer* 0 e o *timer* 1 no modo 1, que trabalha com 16 *bits* para contagem, permitindo um valor máximo de 65535 pulsos. Logo em seguida, é zerado o CONT\_UNI e o CONT\_DEZ.

As rotinas de MSG\_INICIAL e MSG\_INICIAL2 são semelhantes. Primeiramente é efetuada uma chamada a sub-rotina de configuração do LCD.



Logo em seguida, a operação de mover 80H para o acumulador refere-se ao deslocamento do cursor para a posição inicial na primeira linha do LCD. Para consolidar essa operação, é chamada a sub-rotina de envio de instrução ao LCD. A mensagem a ser escrita é armazenada no registrador DPTR e seu tamanho no CARAC. A sub-rotina de escrita no LCD é então chamada, assim como a de atraso. Esta última é crucial para o funcionamento do LCD, pois cada instrução leva certo tempo para ser executada pelo LCD e, devido a isso, torna-se necessário a implementação de uma sub-rotina de atraso.

No fim da rotina principal ocorre uma chamada a sub-rotina que verifica se alguma tecla foi pressionada.

### 5.3 Rotinas de Leitura de Teclas

Para verificar o acionamento de qualquer tecla, utilizou-se lógica simples para sua verificação. Ao entrar na rotina de leitura de teclas, o programa fica em *loop* aguardando até que uma tecla seja pressionada. A partir do momento em que se escolhe qual função utilizar, são realizadas chamadas às respectivas sub-rotinas. A figura 22 mostra a lógica desse *loop*.

```

; *****
; ROTINAS DE LEITURA DE TECLAS
; *****

LE_IDENTIDADE:  JB IDENTIFICAR, LE_CADASTRO
                 CALL VALIDAR_ID
                 SJMP MSG_INICIAL2

LE_CADASTRO:    JB CADASTRO, LE_DELECAO
                 CALL VALIDAR_CD
                 SJMP MSG_INICIAL2

LE_DELECAO:    JB DELETAR, LE_IDENTIDADE
                 CALL VALIDAR_DEL
                 SJMP MSG_INICIAL2

```

Figura 22: Rotinas de Leitura de Teclas

A instrução JB salta para a sub-rotina LE\_CADASTRO caso o valor lógico da porta P2.5 (IDENTIFICAR) esteja em 1. Assim como se P2.1 (CADASTRO) e P2.3

(DELETAR) estiverem com valor lógico 1, a instrução realizará saltos para o LE\_DELECAO e LE\_IDENTIDADE, respectivamente.

Quando uma tecla é pressionada, o valor lógico torna-se 0, realizando uma chamada a sub-rotina correspondente da tecla e, posteriormente, voltando a MSG\_INICIAL2.

#### 5.4 Rotinas de Validação de Operações

Como essa rotina é extensa e a lógica para as três funções é a mesma, é utilizada apenas a lógica da validação da identificação para explicação. O algoritmo completo encontra-se no Apêndice C desta monografia.

Após ser ativada a tecla de identificação, é realizada a chamada a sub-rotina VALIDAR\_ID, conforme mostra a figura 23. Enquanto o programa fica em loop, é aguardado o retorno da verificação da digital. Inicialmente, o valor lógico dos pinos P3.0 (SUCESSO) e P3.1 (FALHA) estão em 0 e por isso é utilizada a instrução JNB, que salta para VALIDAR\_ID\_2 caso SUCESSO esteja em 0 e para VALIDAR\_ID caso FALHA esteja em 0.

```

; *****
; ROTINAS DE VALIDAÇÃO DE OPERAÇÕES
; *****

VALIDAR_ID:      JNB SUCESSO, VALIDAR_ID_2
                  LCALL MENSAGEM_ID_OK
                  LCALL ACIONA_MOTOR
                  LCALL DELAY2
                  RET

VALIDAR_ID_2:    JNB FALHA, VALIDAR_ID
                  LCALL MENSAGEM_NOK
                  LCALL DELAY2
                  RET

```

Figura 23: Rotina de Validação de Identificação

Quando ocorre uma inversão desse valor lógico, alterando-o para 1, devido o pulso gerado no valor de 3,3V pelo módulo, e assumindo que a digital foi verificada com sucesso, é realizada uma chamada a `MENSAGEM_ID_OK`, seguida pelo acionamento do motor em sentido horário e por um atraso de três segundos, com o intuito de limpar o LCD após a saída dessa sub-rotina e retornar para a mensagem principal. Caso a FALHA seja acionada, é chamada uma mensagem de erro, seguida do atraso e da saída de sub-rotina.

### **5.5 Mensagens a Serem Escritas**

Utilizando apenas a identificação para explicar essa rotina, tem-se inicialmente uma chamada a configuração do LCD para a exibição da mensagem que a identificação foi um sucesso. A instrução 80H estabelece a posição inicial do cursor na primeira linha. A sub-rotina de envio de instrução é acionada e o conteúdo da mensagem é movido para o DPTR, assim como o tamanho da mensagem para o CARAC. É acionada a escrita dessa mensagem no LCD e repetido todos os passos para a mensagem seguinte, exceto a instrução 0C0H que posiciona o cursor na posição inicial da segunda linha.

A sub-rotina `MENSAGEM_NOK` segue os mesmos critérios, porém a mensagem a ser exibida informa erro na operação. A figura 24 mostra as sub-rotinas citadas.

```

; *****
; MENSAGENS A SEREM ESCRITAS
; *****

MENSAGEM_ID_OK: LCALL CONF_LCD
                 MOV A, #80H
                 LCALL ENV_INST
                 MOV DPTR, #MSG3
                 MOV CARAC, #0AH
                 LCALL ESC_LCD
                 MOV A, #0COH
                 LCALL ENV_INST
                 MOV DPTR, #MSG4
                 MOV CARAC, #0DH
                 LCALL ESC_LCD
                 RET

MENSAGEM_NOK:   LCALL CONF_LCD
                 MOV A, #80H
                 LCALL ENV_INST
                 MOV DPTR, #MSG5
                 MOV CARAC, #10H
                 LCALL ESC_LCD
                 MOV A, #0COH
                 LCALL ENV_INST
                 MOV DPTR, #MSG6
                 MOV CARAC, #0FH
                 LCALL ESC_LCD
                 RET

```

Figura 24: Mensagens de Identificação a serem escritas

## 5.6 Acionamento do Motor

Na rotina de validação de operações, é realizada uma chamada ao ACIONA\_MOTOR. Esta sub-rotina tem por função determinar a lógica do acionamento e desacionamento do motor através de uma simples divisão numérica. A figura 25 mostra a sub-rotina ACIONA\_MOTOR.

```

; *****
; ACIONAMENTO DO MOTOR
; *****

ACIONA_MOTOR:    INC  R1
                  MOV  A, R1
                  MOV  B, R2
                  DIV  AB
                  MOV  R5, B
                  MOV  ACC, R5
                  JNZ  HORARIO
                  JZ   ANTIHORARIO
                  RET

```

Figura 25: Acionamento do motor

No início do programa foi estabelecido que R1 e R2 começariam com o valor numérico 2. Quando essa sub-rotina é acionada, ocorre o incremento de R1 por 1. Assim R1 passa a ter o valor numérico 3. O valor de R1 é movido para A e o de R2 para B. Efetua-se uma divisão de A por B. A partir desse momento, o valor de A assume o valor do quociente da divisão e B o resto da divisão. O resto é movido para R5 e R5 para o acumulador.

A instrução JNZ salta para sub-rotina se o valor do acumulador for diferente de zero e a instrução JZ salta para a sub-rotina se o valor do acumulador for igual a zero. Assim, como resultado da primeira operação, dividindo três por dois tem-se como resto o valor um. Logo, o valor no acumulador é igual a um, acionando o motor no sentido horário. Se essa rotina for novamente acionada, ocorrerá o incremento de R1, assumindo o valor quatro. Assim, na divisão de quatro por dois tem-se como resto zero. Logo, o valor no acumulador é zero, acionando o motor no sentido anti-horário.

A figura 26 mostra a segunda parte do acionamento do motor.

```

HORARIO:      MOV RO, #32H
INICIO:       MOV STEPPER, #01H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #02H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #04H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #08H
              ACALL DELAY
              DJNZ RO, INICIO
              RET

ANTIHORARIO:  MOV RO, #32H
INICIO2:     MOV STEPPER, #08H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #04H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #02H
              ACALL DELAY
              MOV STEPPER, #01H
              ACALL DELAY
              DJNZ RO, INICIO2
              RET

```

Figura 26: Acionamento horário e anti-horário

Neste segundo momento, para que seja acionado o motor de passo no sentido horário, a instrução 32H é movida para o R0. Esse valor corresponde a 50 em decimal. Como o motor é composto por quatro bobinas e com seu ângulo de 1.8°, permitindo 200 passos por volta, efetua-se uma divisão de 200 passos pela quantidade de bobinas, obtendo-se o valor 50 para efetuar uma volta completa.

De acordo com a lógica de acionamento das bobinas, é possível girá-lo no sentido horário e anti-horário. A instrução 01H, que em binário é 0001, corresponde ao acionamento da primeira bobina. A instrução 02H, que em binário é 0010, corresponde ao acionamento da segunda bobina. A instrução 04H, que em binário é 0100, corresponde ao acionamento da terceira bobina. A instrução 08H, que em binário é 1000, corresponde ao acionamento da quarta bobina.

A sub-rotina de atraso faz-se necessária, pois o motor de passo necessita de um tempo mínimo de intervalo entre cada acionamento. Caso o intervalo seja menor

que 10ms o motor de passo perde torque e ao invés de girar, ocorre uma trepidação do mesmo. [MESSIAS, 2009]

Por fim, a cada vez que as quatro bobinas são ativadas, ocorre um decremento de R0 e repetem-se os acionamentos até que R0 atinja o valor zero e saia da sub-rotina.

## 5.7 Programação do LCD

Neste trecho encontram-se todas as sub-rotinas citadas no decorrer deste capítulo referente ao LCD. A primeira é a CONF\_LCD que trata da configuração do LCD. A figura 27 representa esta sub-rotina.

```

; *****
; LCD
; *****

CONF_LCD:      MOV A, #38H
                CALL ENV_INST
                MOV A, #06H
                CALL ENV_INST
                MOV A, #0EH
                CALL ENV_INST
                MOV A, #01H
                CALL ENV_INST
                MOV A, #0CH
                CALL ENV_INST
                RET

```

Figura 27: Configuração do LCD

Inicialmente, movem-se as instruções para o acumulador e realizam-se chamadas a rotina de envio de instrução para o LCD. A instrução 38H refere-se a um LCD de 2 linhas por 16 caracteres, com matriz 5x7 pontos. A instrução 06H escreve deslocando o cursor para a direita. A instrução 0EH faz com que o *display* fique aceso com o cursor fixo. A instrução 01H limpa o *display* e retorna o cursor para o início. A instrução 0CH mantém o *display* aceso, porém sem cursor.

Em relação ao ENV\_INST, no momento em que esta sub-rotina é acionada, o valor que foi movido para o acumulador no CONF\_LCD é enviado para DADOS

(Porta P0 referente ao barramento de dados do LCD). Coloca-se RS com valor lógico zero, indicando que o dado é para ser tratado como uma instrução. A seguir, EN é habilitado, permitindo a escrita no *display* e é chamada a sub-rotina de atraso, pois entre cada instrução é necessário um tempo para que o LCD interprete adequadamente o que deve ser feito. Por fim, desabilita-se o EN, indicando que não há mais o que ser escrito no *display*. A figura 28 mostra a sub-rotina de envio de instrução.

```
ENV_INST:      MOV DADOS, A
                CLR RS
                SETB EN
                CALL DELAY1
                CLR EN
                RET
```

Figura 28: Envio de Instrução

Quando uma mensagem está para ser escrita no LCD, sempre é realizada uma chamada a sub-rotina ESC\_LCD. Esta, por sua vez, é mostrada na figura 29.

```
ESC_LCD:      MOV A, #0
                MOVC A, @A+DPTR
                CALL DADO
                INC DPTR
                DJNZ CARAC, ESC_LCD
                RET
```

Figura 29: Escrita no LCD

Primeiramente o acumulador é zerado e é realizada uma busca no endereço indicado em “A+DPTR” com o intuito de mover o conteúdo dessa posição para o acumulador. Logo em seguida, a sub-rotina DADO é acionada para que seja escrita a primeira letra da mensagem no LCD. Feito isso, há o incremento de DPTR por 1 e decremento de CARAC por 1. Como CARAC possui o tamanho total da mensagem,



este é decrementado até que todas as letras da mensagem sejam escritas. Assim, quando CARAC obtém valor igual a zero, ocorre o retorno da sub-rotina.

Por fim, o último integrante da programação do LCD é a sub-rotina DADO mostrada na figura 30. Esta é bem parecida com a ENV\_INST, porém difere em um único detalhe: o RS assume valor lógico 1, indicando que o dado é para ser tratado como texto e mostrado no *display*.

```
DADO:      MOV DADOS, A
           SETB RS
           SETB EN
           CALL DELAY1
           CLR EN
           RET
```

Figura 30: Escrita da mensagem

## 5.8 Sub-rotinas de atraso

As sub-rotinas de atraso determinam um tempo estipulado pelo programador que pode durar de microssegundos a segundos. Na implementação do algoritmo, foram utilizados cinco tipos de atrasos.

O primeiro *delay* é responsável pelo intervalo das bobinas do motor e a figura 31 mostra essa sub-rotina. O atraso de 15ms foi utilizado como intervalo de acionamento de uma bobina para outra. O valor 30 (1Eh) em decimal é movido para R3 e o valor 250 (0FAh) em decimal é movido para R4. Como a instrução DJNZ utiliza 2 ciclos, esse valor é multiplicado por 250, obtendo-se 500 ciclos, que equivale a 0,5ms. Como o valor de R3 é 30, multiplica-se esse valor por 0,5ms, obtendo-se os 15ms de atraso.

```

; *****
; ROTINAS DE ATRASO
; *****

DELAY:      MOV R3, #1Eh
LOOP2:      MOV R4, #0FAh
LOOP1:      DJNZ R4, LOOP1
            DJNZ R3, LOOP2
            RET

```

Figura 31: Sub-rotina de atraso para o motor

O segundo *delay* é responsável pelo intervalo entre cada instrução no LCD e a figura 32 demonstra essa sub-rotina. É utilizado um atraso de 30ms para cada intervalo, correspondendo a 27650 pulsos. O modo de obtenção da quantidade de pulsos é explicado no terceiro *delay*.

```

DELAY1:      MOV TLO, #LOW(65535-27650)
            MOV TH0, #HIGH(65535-27650)
            SETB TRO
            JNB TFO, $
            CLR TRO
            CLR TFO
            RET

```

Figura 32: Sub-rotina de atraso para o LCD

O terceiro *delay* é responsável pela duração das mensagens de retorno no LCD. Como o microcontrolador possui um cristal de 11,0592MHz e deseja-se descobrir a duração de cada pulso, aplicam-se duas fórmulas:

$$\text{Frequência máxima} = \text{Frequência do cristal} / 12 \quad (F_{\text{máx}} = F_c / 12)$$

$$\text{Período} = 1 / \text{Frequência} \quad (T = 1/f)$$

Assim, como a frequência do cristal equivale a 11,0592MHz, é necessário substituir esse valor na fórmula.

$$F_{\text{máx}} = 11,0592\text{MHz} / 12$$

$$F_{\text{máx}} = 921600\text{HZ}$$

$$T = 1 / 921600$$

$$T = 1,085\mu\text{s}$$

Desse modo, a duração de cada pulso equivale a 1,085 microssegundos.

Com o intuito de descobrir quantos pulsos 50ms representa, é efetuado uma simples divisão entre 50ms pelo 1,085µs, obtendo o valor aproximado de 46083 pulsos. Para obter o tempo de 1 segundo, utilizam-se 50ms multiplicado vinte vezes. Como esse *delay* é para apenas um segundo e a sub-rotina está programada para gerar 3 segundos, ao invés de multiplicar por vinte, multiplica-se por sessenta. A figura 33 mostra essa sub-rotina de atraso.

```

DELAY2:      MOV RO, #60
TIME:        MOV TH1, #HIGH(65535-46083)
              MOV TL1, #LOW(65535-46083)
              CLR TF1
              SETB TR1
              JNB TF1, $
              CLR TF1
              CLR TR1
              DJNZ RO, TIME
              RET

```

Figura 33: Sub-rotina de atraso para as mensagens

A mesma explicação é utilizada para o *delay3* e o *delay4*. Entretanto, o valor numérico 5 é movido para o registrador com o intuito de ser gerado 250 milissegundos e o valor 30 é movido para o registrador para ser gerado 1,5 segundos de atraso, respectivamente. A figura 34 mostra o *delay3* e a figura 35 o *delay4*.

```

DELAY3:      MOV RO, #5
TIME1:       MOV TH1, #HIGH(65535-46083)
              MOV TL1, #LOW(65535-46083)
              CLR TF1
              SETB TR1
              JNB TF1, $
              CLR TF1
              CLR TR1
              DJNZ RO, TIME1
              RET

```

Figura 34: Sub-rotina de atraso para o contador

```

DELAY4:      MOV RO,#30
TIME2:       MOV TH1,#HIGH(65535-46083)
             MOV TL1,#LOW(65535-46083)
             CLR TF1
             SETB TR1
             JNB TF1,$
             CLR TF1
             CLR TR1
             DJNZ RO,TIME2
             RET

```

Figura 35: Sub-rotina de atraso para o sensor na etapa de cadastro

## 5.9 Mensagens do LCD

A figura 35 mostra as quatorze mensagens que são escritas no *display*. A primeira coluna refere-se ao nome dado para cada mensagem. A diretiva DB é utilizada para guardar os dados contidos no operando na memória de programa. E a terceira coluna é o próprio operando, que é a mensagem a ser escrita.

```

; *****
;                                     MENSAGENS
; *****

MSG1:      DB "SEJA BEM-VINDO"
MSG2:      DB "ESCOLHA OPCAO:"
MSG3:      DB "SUCESSO NA"
MSG4:      DB "IDENTIFICACAO"
MSG5:      DB "ERRO NO PROCESSO"
MSG6:      DB "TENTE NOVAMENTE"
MSG7:      DB "DIGITAL"
MSG8:      DB "CADASTRADA"
MSG9:      DB "DIGITAL APAGADA"
MSG10:     DB "COM SUCESSO"
MSG11:     DB "1-ID 2-DEL 3-CAD"
MSG12:     DB "LIMITE ATINGIDO"
MSG13:     DB "0123456789"
MSG14:     DB "DIGITAIS: "

```

Figura 36: Mensagens do LCD

### 5.10 Contador de Digitais Cadastradas

Inicialmente, o contador de dezenas possui seu valor zero. Esse valor é movido para o acumulador e é realizada uma chamada à sub-rotina conversão. O contador de unidades é incrementado, movido para o acumulador e é chamada a sub-rotina conversão mais uma vez. Enquanto o CONT\_UNI não obter o valor 09, ele salta para CONT\_END. Quando obtêm, o contador de dezenas é incrementado e é realizada a mesma lógica de saltos. A seguir, quando é excedido o número de digitais, é realizada a chamada ao LCD para mostrar uma mensagem que o limite foi atingido. A figura 36 mostra o contador de digitais cadastradas.

```

; *****
;          CONTADOR DE DIGITAIS CADASTRADAS
; *****

CONT:      MOV A, CONT_DEZ
           LCALL CONVERSAO
           INC CONT_UNI
           MOV A, CONT_UNI
           LCALL CONVERSAO
           CJNE CONT_UNI, #09H, CONT_END
           MOV CONT_UNI, #00H
           DEC CONT_UNI
           INC CONT_DEZ
           CJNE CONT_DEZ, #09H, CONT_END
           LCALL CONF_LCD
           MOV A, #80H
           LCALL ENV_INST
           MOV DPTR, #MSG12
           MOV CARAC, #0FH
           LCALL ESC_LCD
CONT_END:  LCALL DELAY3
           RET

```

Figura 37: Contador de digitais cadastradas

### 5.11 Contador de Digitais Apagadas

Essa sub-rotina possui praticamente a mesma lógica do contador de digitais cadastradas, porém ao invés de incrementar os contadores, eles são decrementados. E não é realizada chamada ao LCD para mostrar mensagem, pois não possuindo qualquer digital cadastrada, o *software* indica erro no processo, com uma mensagem já configurada anteriormente. Quando o contador de unidades obtém valor igual a zero, o valor contido em CONT\_DEZ é movido para o acumulador. Se esse valor for igual a zero, a função pula para CONT\_END2. Caso contrário, executa as demais funções. A figura 37 mostra o contador de digitais apagadas.

```

; *****
; CONTADOR DE DIGITAIS APAGADAS
; *****

CONT2:      MOV A,CONT_DEZ
            LCALL CONVERSAO
            DEC CONT_UNI
            MOV A,CONT_UNI
            LCALL CONVERSAO
            CJNE CONT_UNI,#00H,CONT_END2
            MOV ACC,CONT_DEZ
            JZ CONT_END2
            MOV CONT_UNI,#0AH
            DEC CONT_DEZ
            CJNE CONT_DEZ,#00H,CONT_END2
CONT_END2:  LCALL DELAY3
            RET

```

Figura 38: Contador de digitais apagadas

## 5.12 Conversão para ASCII

Essa sub-rotina é necessária, pois o LCD não é capaz de entender os caracteres como uma pessoa entende. Há a necessidade de traduzi-los antes. Com o intuito de escrever os números dos contadores no LCD, foi criada uma sub-rotina específica para esse fim. A figura 38 mostra a sub-rotina de conversão.

```

: *****
:      CONVERSÃO PARA ASCII
: *****
:
CONVERSAO:    MOV DPTR, #MSG13
              MOVC A, @A+DPTR
              LCALL DADO
              RET
:
END

```

Figura 39: Sub-rotina de atraso para o contador

O END é uma instrução obrigatória no programa, pois indica o término do algoritmo.

## 6. Implementação e testes

Neste capítulo são mostrados os resultados obtidos após simulações com o protótipo desenvolvido e os problemas encontrados nessa etapa de testes.

### 6.1 Registros dos testes

Com o intuito de registrar os testes efetuados, foi criada uma tabela onde são informados os seguintes dados: nome, data, horário, cadastro, identificação e deleção. Para cada pessoa que efetuava um teste no protótipo, eram incluídos seus resultados na tabela. A tabela 8 mostra as informações referentes aos testes efetuados. Por uma questão de integridade de quem testou o protótipo, seus nomes não são disponibilizados.

Tabela 8 - Registro dos testes efetuados no protótipo

| Nº | Nome     | Data     | Hora     | Cadastro | Identificação | Deleção |
|----|----------|----------|----------|----------|---------------|---------|
| 1  | Teste 1  | 27/05/09 | 20:31:07 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 2  | Teste 2  | 27/05/09 | 20:37:50 | Falha    | Sucesso       | Sucesso |
| 3  | Teste 3  | 27/05/09 | 20:41:21 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 4  | Teste 4  | 27/05/09 | 20:44:00 | Falha    | Sucesso       | Falha   |
| 5  | Teste 5  | 28/05/09 | 10:17:06 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 6  | Teste 6  | 28/05/09 | 15:49:22 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 7  | Teste 7  | 29/05/09 | 18:02:03 | Falha    | Sucesso       | Sucesso |
| 8  | Teste 8  | 29/05/09 | 18:12:45 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 9  | Teste 9  | 30/05/09 | 8:33:58  | Sucesso  | Falha         | Sucesso |
| 10 | Teste 10 | 30/05/09 | 12:15:00 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 11 | Teste 11 | 30/05/09 | 21:12:44 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 12 | Teste 12 | 31/05/09 | 9:10:02  | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |
| 13 | Teste 13 | 31/05/09 | 16:11:11 | Falha    | Sucesso       | Sucesso |
| 14 | Teste 14 | 01/06/09 | 10:00:00 | Sucesso  | Sucesso       | Falha   |
| 15 | Teste 15 | 01/06/09 | 11:00:00 | Sucesso  | Sucesso       | Sucesso |

Ao analisar a tabela, verifica-se que os resultados foram satisfatórios. Ocorreram muitos sucessos e poucas falhas. Algumas pessoas não tiveram êxito quando realizaram determinadas funções pela primeira vez, mas na segunda vez o processo ocorreu perfeitamente.



O motivo pela qual a operação não foi devidamente realizada quando as teclas eram ativadas em um primeiro momento deve-se ao fato do mau posicionamento da digital. Assim sendo, o sensor não era capaz de analisar as minúcias por não conseguir captá-las adequadamente. Após a correta inserção da digital no sensor, a maioria das pessoas conseguiu realizar as demais funções.

Ao analisar o índice percentual de sucessos e falhas de cada função, obtêm-se a tabela 9.

Tabela 9 - Estatística de sucessos e falhas nas funções

| <b>Cadastro</b>      |            |                   |
|----------------------|------------|-------------------|
| <b>Retorno</b>       | <b>Qtd</b> | <b>% Cadastro</b> |
| Sucesso              | 11         | 73%               |
| Falha                | 4          | 27%               |
| <b>Identificação</b> |            |                   |
| <b>Retorno</b>       | <b>Qtd</b> | <b>% Cadastro</b> |
| Sucesso              | 14         | 93%               |
| Falha                | 1          | 7%                |
| <b>Deleção</b>       |            |                   |
| <b>Retorno</b>       | <b>Qtd</b> | <b>% Cadastro</b> |
| Sucesso              | 13         | 87%               |
| Falha                | 2          | 13%               |

Ao realizar uma média entre as falhas das três funções, obtêm-se como valor aproximado 15% de falhas contra 85% de sucesso. A maior parte das falhas ocorreu na etapa de cadastro por requerer do usuário uma dupla inserção da digital no sensor, não a colocando devidamente. Com a correta utilização do sensor, as chances de ocorrerem falhas no sistema são baixas, com índices abaixo de 5%. Eventuais erros ocorreriam apenas devido os usuários e suas correspondentes inserções das digitais no sensor.

Com a grande porcentagem de sucessos nas três funções, verifica-se que o protótipo cumpriu o seu objetivo, que é permitir ao usuário cadastrar, apagar e ser identificado pelo sistema, obtendo maiores taxas de sucesso nas operações do que falhas, e acionando o motor de passo no sentido horário e anti-horário no momento da identificação.

## 6.2 Problemas encontrados nos testes

Um problema observado na etapa de testes do protótipo refere-se a uma funcionalidade do módulo biométrico. Quando a função de cadastro é ativada e o sensor começa a piscar, é realizada uma captura da primeira imagem da digital. Antes do sensor piscar pela segunda vez para que a digital seja reinserida, já é enviado um pulso do módulo para o microcontrolador informando que a digital foi devidamente cadastrada. Em alguns testes foi possível perceber que a digital não foi devidamente cadastrada por não ter sido reconhecida na etapa de verificação do cadastro. Assim, enviando informação enganosa para o microcontrolador, contabilizando a digital como cadastrada, sendo que de fato não ocorreu. Para resolver esse problema, foi inserida uma rotina de atraso entre os dois pulsos de confirmação de retorno de operação, ignorando o primeiro pulso e trabalhando apenas com o segundo e definitivo pulso.

Outro fator foi em relação à pessoa que utiliza o protótipo. Algumas das pessoas não colocaram a digital adequadamente no sensor. Desse modo, o sensor não conseguiu captar as minúcias adequadamente, indicando erro na operação. Entretanto, esse problema não é do *hardware* nem do *software*, mas sim do modo em que a digital foi colocada no sensor. Após diversos testes efetuados, descobriu-se que o modo ideal de colocar uma digital no sensor é inserindo o centro da digital exatamente no meio da superfície de vidro do leitor, pressionando-a levemente.

## 7. Considerações Finais

Neste capítulo são abordadas as dificuldades encontradas no processo do desenvolvimento do protótipo, assim como sugestões para futuros trabalhos e uma conclusão sobre o projeto.

### 7.1 Conclusão

O objetivo proposto para este projeto final, que consiste no desenvolvimento de um sistema de *hardware* e *software* que utilize os benefícios da biometria digital para a simulação do acionamento e desacionamento de uma trava, foi alcançado. Assim, a proposta apresentada no início do semestre para a disciplina de projeto final, foi cumprida.

Os resultados obtidos são considerados satisfatórios. Ocorreram algumas falhas no processo de leitura da digital, mas foram erros devido o mau posicionamento da digital no sensor no momento em que se realizava a varredura da imagem.

O protótipo possui como ponto forte o uso da biometria digital para o acionamento do motor. Tendo em vista que a segurança é um quesito muito importante atualmente, tanto para as pessoas como para seus bens, e que a biometria surgiu para dificultar o acesso não autorizado a qualquer meio, utilizando as minúcias de uma pessoa para esse fim, o protótipo mostra-se em acordo com as tendências atuais.

Como ponto fraco, tendo em vista que é apenas um protótipo acadêmico, pode ser citado o tamanho físico do protótipo. Para uma aplicação comercial, o tamanho do produto deve ser bastante compacto, de modo que não atrapalhe o motorista. E em relação a segurança, pois qualquer pessoa pode ativar a função de cadastro.

Com a elaboração do projeto, vários conhecimentos foram adquiridos e finalmente foi possível evidenciar uma parte das teorias aprendidas no decorrer do curso, na prática. Houve uma interligação entre diversas matérias que tornou possível a realização deste projeto. E também houve uma integração de uma

tecnologia nova com uma mais antiga, no caso os benefícios da biometria por impressão digital com a das travas *mult-locks*.

O papel do engenheiro não é o de apenas criar novos tipos de tecnologias, mas também usufruir das já existentes para a elaboração de novos produtos, sempre inovando e criando uma convergência entre os diversos tipos de tecnologias.

## 7.2 Dificuldades Encontradas

Foram muitas as dificuldades encontradas no decorrer do desenvolvimento desse projeto, tanto em termos de *software*, como principalmente de *hardware*.

A primeira dificuldade foi a escolha dos equipamentos. Infelizmente Brasília não possui um mercado propício à venda de equipamentos como microcontroladores e motores de passo. A compra de todos os equipamentos foi realizada através da internet e por contato telefônico. Porém, chegar à decisão de quais equipamentos comprar não foi trivial. Existem diversos tipos de *kits* para o 8051 a venda, cada um com sua peculiaridade. O único *kit* que foi encontrado para a venda com todas as portas disponíveis foi o adquirido. Os outros *kits* eram muito limitados.

O motor de passo foi adquirido na mesma empresa em que foi comprado o microcontrolador. Há diversos tipos à venda, porém os preços praticamente duplicavam a medida que o torque do motor aumentava.

O módulo biométrico foi o equipamento mais complicado de ser adquirido. O mercado brasileiro ainda é novo para esse tipo de tecnologia e são poucas as empresas que comercializam um módulo *stand-alone* (que funciona por si só). Após várias ligações para a empresa Nitgen a fim de entender o funcionamento do módulo, este foi adquirido.

Em termos de *software*, a linguagem *Assembly* foi a escolhida. No início do semestre, os conhecimentos do autor sobre essa linguagem eram praticamente nulos. Mas após a compra e empréstimos de livros sobre o 8051 (os livros encontram-se na bibliografia complementar desta monografia), foi possível aprender e ter uma boa noção da linguagem. O conhecimento ficou mais evidente após a chegada do microcontrolador, pois foi possível realizar

diversos tipos de testes, desde o mais básico como acender um *led* até a conclusão do projeto.

Em termos de *hardware*, foram realizadas aquisições de componentes como resistores, diodos, teclas e fontes sem dificuldades. Em certo momento do projeto, na etapa de teste do módulo biométrico, houve um descuido e o VCC e o GND da fonte foram ligados invertidos no módulo, ocasionando a queima da fonte e quase a do módulo. Após esse susto, o projeto continuou com seu andamento.

Por fim, o cabo molex de 9 pinos do módulo FIM é muito pequeno e difícil de se trabalhar. Para contornar essa situação, foi criado um circuito em placa de fenolite onde foi possível expandir suas conexões e facilitar seus usos.

### **7.3 Trabalhos futuros**

Sugere-se uma continuação do trabalho apresentado nesta monografia com as seguintes implementações:

- Utilizar o protocolo de comunicação do módulo FIM3030HV para a criação de um sistema completo que utilize todo o potencial da placa em questão;
- Implementar um sistema de segurança que utilize um teclado matricial para permitir que a função de cadastro seja ativada mediante senha previamente estabelecida;
- Criar um sistema de controle onde são inseridos os nomes dos usuários cadastrados, ao invés de utilizar a geração de números automáticos para cada digital cadastrada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACTION TECHNOLOGY. **Motores Elétricos**. Disponível em:  
<[http://www.actionmotors.com.br/motor\\_de\\_passo\\_sm1.8a16.htm](http://www.actionmotors.com.br/motor_de_passo_sm1.8a16.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2009.
- BIOENABLE. **FIM10 Application Guide**. Disponível em:  
<[http://info.bioenabletech.com/Support/products/FIM10/fim10\\_application\\_guidev1.0.pdf](http://info.bioenabletech.com/Support/products/FIM10/fim10_application_guidev1.0.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2009.
- CONSULTORES BIOMÉTRICOS. **Biometria**. Disponível em:  
<[http://www.consultoresbiometricos.com.br/05\\_Abiometria.php](http://www.consultoresbiometricos.com.br/05_Abiometria.php)>. Acesso em: 13 mar. 2009.
- DATASHEET ULN2003. Disponível em:  
<<http://www.datasheetsite.com/extpdf.php?q=http%3A%2F%2Fpdfdata.datasheetsite.com%2Fweb%2F335799%2FULN2003A.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- ELETRÔNICA. **Estudo do Motor de Passo e seu Controle Digital**. Disponível em:  
<<http://www.eletronica.org/modules.php?name=News&file=article&sid=15>>. Acesso em: 22 abr. 2009.
- FITZGERALD, Arthur Eugene; KINGSLEY, Charles; UMANS, Stephen. **Electric Machinery**. 6. ed. New York: Mcgraw Hill, 2003.
- GREGORY, Peter; SIMON, Michael. **Biometrics for Dummies**. Indianapolis: Wiley Publishing Inc, 2008.
- GRIAULE BIOMETRICS. **Biometria e Inovação**. Disponível em:  
<<http://www.griaulebiometrics.com/page/pt-br/innovation>>. Acesso em: 22 mar. 2009.
- HITACHI. **Steering wheel finger vein authentication system**. Disponível em:  
<<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2007/10/1022b.html>>. Acesso em: 05 mar. 2009.
- HOWSTUFFWORKS. **Como Funcionam os Alarmes de Carros**. Disponível em:  
<<http://carros.hsw.uol.com.br/alarmes-dos-carros2.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2009.
- HOWSTUFFWORKS. **How Biometrics Works**. Disponível em:  
<<http://science.howstuffworks.com/biometrics.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2009.
- HOWSTUFFWORKS. **How Fingerprints Scanners Work**. Disponível em:  
<<http://computer.howstuffworks.com/fingerprint-scanner4.htm>>. Acesso em: 30 maio 2009.
- ID-TECH. **Tutorial sobre Biometria**. Disponível em:  
<[http://www.idtech.com.br/download/ID-Tech\\_Tutorial\\_Biometria.pdf](http://www.idtech.com.br/download/ID-Tech_Tutorial_Biometria.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2009.

IDENTIFICADOR DIGITAL. **O que é SID?** Disponível em:  
<<http://www.identificadordigital.com/produto.htm>>. Acesso em: 05 mar. 2009.

JAIN, Anil; BOLLE, Ruud; PANKANTI, Sharath. **Biometrics - Personal Identification in Networked Society**. Nova York: Kluwer Academic Publishers, 2002.

JAIN, Anil; FLYNN, Patrick; ROSS, Arun. **Handbook of Biometrics**. New York: Springer, 2007.

MESSIAS, Antônio Rogério. **Controle de Motor de Passo através da Porta Paralela**. Disponível em: <<http://www.rogercom.com.br/>>. Acesso em: 09 abr. 2009.

MICROGENIOS. **Kits Didáticos**. Disponível em:  
<<http://www.microgenius.com.br/shop/sessoes.asp?id=28>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MVP. **Trava de Câmbio**. Disponível em:  
<[http://www.multlock.com.br/prod/linha\\_automotiva/travas\\_2.html](http://www.multlock.com.br/prod/linha_automotiva/travas_2.html)>. Acesso em: 05 mar. 2009.

NITGEN DO BRASIL. **Datasheet FIM30xx**. Disponível em:  
<[http://www.nitgen.com.br/download/FIM30N\\_EN\\_DataSheet\\_V1\\_05.zip](http://www.nitgen.com.br/download/FIM30N_EN_DataSheet_V1_05.zip)>. Acesso em: 09 abr. 2009.

NITGEN DO BRASIL. **Módulos FIM**. Disponível em:  
<<http://www.nitgen.com.br/Produtos/fim30.aspx>>. Acesso em: 09 abr. 2009.

PUCRS. **Motor de Passo**. Disponível em:  
<[http://www.ee.pucrs.br/~terroso/html/motor\\_de\\_passo.html](http://www.ee.pucrs.br/~terroso/html/motor_de_passo.html)>. Acesso em: 12 abr. 2009.

SECURE PORTABILITY. **Biometrics for Cars**. Disponível em:  
<<http://secureportability.com/2008/08/biometrics-for%E2%80%A6-part-ii-%E2%80%93-vehicles/>>. Acesso em: 05 mar. 2009.

SUSEP. **Índice de Veículos Roubados**. Disponível em:  
<<http://www.susep.gov.br/menuestatistica/RankRoubo/principal.asp>>. Acesso em: 13 abr. 2009.

TORO, Vincent Del. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.

UNITED LINKERS. **Fingerprint car security**. Disponível em:  
<<http://www.automobile-security.com/products.htm>>. Acesso em: 05 mar. 2009.

VIGLIAZZI, Douglas. **Biometria: Medidas de Segurança**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2006.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CERNE TECNOLOGIA E TREINAMENTO. **Kits Didáticos**. Disponível em: <<http://www.cerne-tec.com.br/escolhekit.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

SABER MARKETING. **Kits**. Disponível em: <<http://www.sabermarketing.com.br>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MICROGENIOS. **Kits Didáticos**. Disponível em: <<http://www.microgenius.com.br/shop/sessoes.asp?id=28>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MICROCONTROLADOR. **Família 8051**. Disponível em: <<http://www.microcontrolador.com.br/verprodutos.php?prod=8051&id=3>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

KIT 8051. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.kit8051.com.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

NICOLOSI, Denys E. C.. **Laboratório de Microcontroladores Família 8051 - Treino de Instruções, Hardware e Software**. 3. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2004.

NICOLOSI, Denys E. C.. **Microcontrolador 8051 Detalhado**. 5 ed. São Paulo: Érica Ltda, 2004.

GIMENEZ, Salvador P.. **Microcontroladores 8051**. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2002.

NICOLOSI, Denys; BRONZERI, Rodrigo. **Microcontrolador 8051: Família AT89S8252 Atmel com Linguagem C – Prático e Didático**. 2. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2008.



## APÊNDICE A – CÓDIGO EM ASSEMBLY

;Autor: Rodrigo de Souza Borges  
 ;Engenharia da Computação - 10º semestre  
 ;RA: 2046604/3  
 ;Data:27/05/2009

```
*****
;
;      DEFINIÇÕES DE TERMOS
;
*****
```

```
STEPPER      EQU P2          ;DEFINE P2 COMO STEPPER
SUCESSO      EQU P3.0        ;DEFINE P3.0 COMO SUCESSO
FALHA        EQU P3.1        ;DEFINE P3.1 COMO FALHA
IDENTIFICAR  EQU P1.2        ;DEFINE P1.2 COMO IDENTIFICAR
CADASTRO     EQU P1.6        ;DEFINE P1.6 COMO CADASTRO
DELETAR      EQU P1.4        ;DEFINE P1.4 COMO DELETAR
DB0          EQU P0.0        ;DEFINE P0.0 COMO DB0
DB1          EQU P0.1        ;DEFINE P0.1 COMO DB1
DB2          EQU P0.2        ;DEFINE P0.2 COMO DB2
DB3          EQU P0.3        ;DEFINE P0.3 COMO DB3
DB4          EQU P0.4        ;DEFINE P0.4 COMO DB4
DB5          EQU P0.5        ;DEFINE P0.5 COMO DB5
DB6          EQU P0.6        ;DEFINE P0.6 COMO DB6
DB7          EQU P0.7        ;DEFINE P0.7 COMO DB7
RS           EQU P3.6        ;DEFINE P3.6 COMO RS
EN           EQU P3.7        ;DEFINE P3.7 COMO EN
DADOS        EQU P0          ;DEFINE P0 COMO DADOS
CARAC        EQU 00H         ;CONTADOR DE CARACTERES R0 (BANCO 0)
CONT_UNI     EQU R6          ;DEFINE R6 COMO CONT_UNI
CONT_DEZ     EQU R7          ;DEFINE R7 COMO CONT_DEZ
```

```
*****
;
;      INÍCIO DO PROGRAMA
;
*****
```

```
                ORG 0000H          ;INÍCIO DO PROGRAMA
                MOV R1,#02H        ;MOVE O VALOR 2 PARA O REGISTRADOR 1
                MOV R2,#02H        ;MOVE O VALOR 2 PARA O REGISTRADOR 2
                MOV TMOD,#11H      ;TIMER 0 E TIMER 1 NO MODO 1
                MOV CONT_UNI,#00H  ;ZERA O CONTADOR DE UNIDADES (R6)
                MOV CONT_DEZ,#00H  ;ZERA O CONTADOR DE DEZENAS (R7)

MSG_INICIAL:    LCALL CONF_LCD     ;CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD
                MOV A,#80H         ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA
                LCALL ENV_INST     ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
                MOV DPTR,#MSG1     ;MOVE MSG1 PARA O REGISTRO DPTR
                MOV CARAC,#0EH     ;COLOCA 14 DECIMAL NO REGISTRO R0
                LCALL ESC_LCD      ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD
                LCALL DELAY2       ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
MSG_INICIAL2:   LCALL CONF_LCD     ;CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD
                MOV A,#80H         ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA
                LCALL ENV_INST     ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
                MOV DPTR,#MSG2     ;MOVE MSG2 PARA O REGISTRO DPTR
                MOV CARAC,#0EH     ;COLOCA 14 DECIMAL NO REGISTRO R0
                LCALL ESC_LCD      ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD
                MOV A,#0C0H        ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 2ª LINHA
                LCALL ENV_INST     ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
                MOV DPTR,#MSG11    ;MOVE MSG11 PARA O REGISTRO DPTR
                MOV CARAC,#10H     ;COLOCA 16 DECIMAL NO REGISTRO R0
                LCALL ESC_LCD      ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD
                CALL LE_IDENTIDADE ;CHAMADA À ROTINA DE LEITURA DE IDENTIDADE
```

```
*****
;
;      ROTINAS DE LEITURA DE TECLAS
;
*****
```

```
LE_IDENTIDADE:  JB IDENTIFICAR,LE_CADASTRO ;ENQUANTO P1.2=1, PULA PARA LE_CADASTRO
                CALL VALIDAR_ID        ;CHAMADA À ROTINA DE VALIDAR DIGITAL
                SJMP MSG_INICIAL2      ;SALTA PARA ROTINA DE MSG_INICIAL2
```

```
LE_CADASTRO:    JB CADASTRO,LE_DELECAO ;ENQUANTO P1.6=1, PULA PARA LE_DELECAO
```

```

CALL VALIDAR_CD                ;CHAMADA À ROTINA DE VALIDAR DIGITAL
SJMP MSG_INICIAL2             ;SALTA PARA ROTINA DE MSG_INICIAL2

LE_DELECAO:  JB DELETAR,LE_IDENTIDADE    ;ENQUANTO P1.4=1, PULA PARA LE_IDENTIDADE
CALL VALIDAR_DEL                ;CHAMADA À ROTINA DE VALIDAR DIGITAL
SJMP MSG_INICIAL2             ;SALTA PARA ROTINA DE MSG_INICIAL2

;*****
;
;      ROTINAS DE VALIDAÇÃO DE OPERAÇÕES
;*****
;

VALIDAR_ID:  JNB SUCESSO,VALIDAR_ID_2    ;ENQUANTO SUCESSO=0, PULA PARA VALIDAR_ID_2
LCALL MENSAGEM_ID_OK            ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM OK
LCALL ACIONA_MOTOR              ;CHAMADA À ROTINA DE ACIONAMENTO DO MOTOR
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_ID_2: JNB FALHA,VALIDAR_ID        ;ENQUANTO FALHA=0. PULA PARA VALIDAR_ID
LCALL MENSAGEM_NOK             ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM NÃO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_CD:  JNB SUCESSO,VALIDAR_CD_2    ;ENQUANTO SUCESSO=0, PULA PARA VALIDAR_CD_2
LCALL DELAY4                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 4
VALIDAR_CD_3: JNB SUCESSO,VALIDAR_CD_4    ;ENQUANTO SUCESSO=0, PULA PARA VALIDAR_CD_4
LCALL MENSAGEM_CD_OK           ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM DE CADASTRO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
LCALL CONF_LCD                 ;CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD
MOV A,#80H                     ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA
LCALL ENV_INST                 ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
MOV DPTR,#MSG14                ;MOVE MSG14 PARA O REGISTRO DPTR
MOV CARAC,#0AH                 ;COLOCA 10 DECIMAL NO REGISTRO R0
LCALL ESC_LCD                  ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD
LCALL CONT                     ;CHAMADA À ROTINA DO CONTADOR DE DIGITAIS
                                ;CADASTRADAS
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_CD_2: JNB FALHA,VALIDAR_CD        ;ENQUANTO FALHA=0,PULA PARA VALIDAR_CD
LCALL MENSAGEM_NOK             ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM NÃO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_CD_4: JNB FALHA,VALIDAR_CD_3      ;ENQUANTO FALHA=0,PULA PARA VALIDAR_CD_3
LCALL MENSAGEM_NOK             ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM NÃO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_DEL:  JNB SUCESSO,VALIDAR_DEL_2  ;ENQUANTO SUCESSO=0, PULA PARA VALIDAR_DEL_2
LCALL MENSAGEM_DEL_OK          ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM DE DELEÇÃO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
LCALL CONF_LCD                 ;CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD
MOV A,#80H                     ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA
LCALL ENV_INST                 ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
MOV DPTR,#MSG14                ;MOVE MSG14 PARA O REGISTRO DPTR
MOV CARAC,#0AH                 ;COLOCA 10 DECIMAL NO REGISTRO R0
LCALL ESC_LCD                  ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD
LCALL CONT2                    ;CHAMADA À ROTINA DO CONTADOR DE DIGITAIS APAGADAS
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

VALIDAR_DEL_2: JNB FALHA,VALIDAR_DEL      ;ENQUANTO FALHA=0, PULA PARA VALIDAR_DEL
LCALL MENSAGEM_NOK             ;CHAMADA À ROTINA DE MENSAGEM NÃO OK
LCALL DELAY2                   ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 2
RET                            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

;*****
;
;      ROTINAS DE MENSAGENS A SEREM ESCRITAS NO LCD
;*****
;

MENSAGEM_ID_OK: LCALL CONF_LCD            ;CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD
MOV A,#80H          ;DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA
LCALL ENV_INST      ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO
MOV DPTR,#MSG3      ;MOVE MSG3 PARA O REGISTRO DPTR
MOV CARAC,#0AH      ;COLOCA 10 DECIMAL NO REGISTRO R0

```



```

ACALL DELAY          ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO
MOV STEPPER,#04H     ;ACIONA BOBINA 3
ACALL DELAY          ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO
MOV STEPPER,#02H     ;ACIONA BOBINA 2
ACALL DELAY          ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO
MOV STEPPER,#01H     ;ACIONA BOBINA 1
ACALL DELAY          ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO
DJNZ R0,INICIO2      ;ENQUANTO R0 DIFERENTE DE ZERO, PULA PARA INICIO
RET                  ;RETORNO DE SUB-ROTINA

;*****
;
;      FUNCIONAMENTO DO LCD
;
;*****

CONF_LCD:  MOV A,#38H      ;2 LINHAS POR 16 CARACTERES E MATRIZ 5X7
            CALL ENV_INST  ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO PARA O LCD
            MOV A,#06H     ;ESCREVE DESLOCANDO O CURSOR PARA A DIREITA
            CALL ENV_INST  ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO PARA O LCD
            MOV A,#0EH     ;DISPLAY ACESO COM CURSOR FIXO
            CALL ENV_INST  ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO PARA O LCD
            MOV A,#01H     ;LIMPA DISPLAY E RETORNA O CURSOR PARA O INICIO
            CALL ENV_INST  ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO PARA O LCD
            MOV A,#0CH     ;DISPLAY ACESO SEM CURSOR
            CALL ENV_INST  ;CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO PARA O LCD
            RET            ;SAÍDA DE ROTINA

ENV_INST:   MOV DADOS,A    ;MOVE O CONTEÚDO DO ACUMULADOR PARA DADOS
            CLR RS          ;ATUA COMO ENVIO DE INSTRUÇÃO
            SETB EN         ;HABILITA DISPLAY PARA A ESCRITA
            CALL DELAY1     ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO (DELAY)
            CLR EN         ;DESABILITA DISPLAY PARA A ESCRITA
            RET            ;SAÍDA DE ROTINA

ESC_LCD:    MOV A,#0       ;COLOCA O VALOR ZERO NO ACUMULADOR
            MOVC A,@A+DPTR  ;MOVE O CONTEÚDO DO ENDEREÇO DE A+DPTR PARA ACUMULADOR
            CALL DADO       ;CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA DE DADO NO DISPLAY
            INC DPTR        ;INCREMENTA REGISTRO DPTR
            DJNZ CARAC,ESC_LCD ;ENQUANTO CARAC DIFERENTE DE ZERO, PULA PARA ESC_LCD
            RET            ;SAÍDA DE ROTINA

DADO:       MOV DADOS,A    ;MOVE CONTEÚDO DO ACUMULADOR PARA DADOS
            SETB RS         ;HABILITA RS
            SETB EN         ;HABILITA EN
            CALL DELAY1     ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 1
            CLR EN         ;DESABILITA EN
            RET            ;SAÍDA DE ROTINA

;*****
;
;      ROTINAS DE ATRASO
;
;*****

DELAY:      MOV R3,#1Eh     ;COLOCA 30 DECIMAL EM R3
LOOP2:      MOV R4,#0FAh    ;COLOCA 250 DECIMAL EM R4
LOOP1:      DJNZ R4,LOOP1   ;DECREMENTA R4 E SALTA SE DIFERENTE DE ZERO
            DJNZ R3,LOOP2   ;DECREMENTA R3 E SALTA SE DIFERENTE DE ZERO
            RET            ;RETORNO DE SUB-ROTINA

DELAY1:     MOV TH0,#HIGH(65535-27650) ;ATRASO DE 30MS NO DISPLAY (27650 PULSOS)
            MOV TL0,#LOW(65535-27650)  ;ATRASO DE 30MS NO DISPLAY (27650 PULSOS)
            SETB TR0                    ;HABILITA TR0
            JNB TF0,$                   ;AGUARDA ESTOURO
            CLR TR0                     ;DESABILITA TR0
            CLR TF0                     ;DESABILITA TF0
            RET                         ;RETORNO DE SUB-ROTINA

DELAY2:     MOV R0,#60              ;COLOCA 60 EM R0 (3 SEGUNDOS)
TIME:      MOV TH1,#HIGH(65535-46083) ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS
            MOV TL1,#LOW(65535-46083)  ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS
            CLR TF1                     ;DESABILITA TF1
            SETB TR1                    ;HABILITA TR1
            JNB TF1,$                   ;AGUARDA ESTOURO
            CLR TF1                     ;DESABILITA TF1
            CLR TR1                     ;DESABILITA TR1
            DJNZ R0,TIME                ;ENQUANTO R0 DIFERENTE DE ZERO, SALTO PARA TIME
            RET                         ;RETORNO DE SUB-ROTINA

```

|         |                            |   |
|---------|----------------------------|---|
| DELAY3: | MOV R0,#5                  | ;COLOCA 5 EM R0 (250MS)                         |
| TIME1:  | MOV TH1,#HIGH(65535-46083) | ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS  |
|         | MOV TL1,#LOW(65535-46083)  | ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS  |
|         | CLR TF1                    | ;DESABILITA TF1                                 |
|         | SETB TR1                   | ;HABILITA TR1                                   |
|         | JNB TF1,\$                 | ;AGUARDA ESTOURO                                |
|         | CLR TF1                    | ;DESABILITA TF1                                 |
|         | CLR TR1                    | ;DESABILITA TR1                                 |
|         | DJNZ R0,TIME1              | ;ENQUANTO R0 DIFERENTE DE ZERO, SALTO PARA TIME |
|         | RET                        | ;RETORNO DE SUB-ROTINA                          |

|         |                            |   |
|---------|----------------------------|---|
| DELAY4: | MOV R0,#30                 | ;COLOCA 30 EM R0 (1,5 SEGUNDOS)                 |
| TIME2:  | MOV TH1,#HIGH(65535-46083) | ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS  |
|         | MOV TL1,#LOW(65535-46083)  | ;PARA GERAR 50ms, SÃO NECESSÁRIOS 46083 PULSOS  |
|         | CLR TF1                    | ;DESABILITA TF1                                 |
|         | SETB TR1                   | ;HABILITA TR1                                   |
|         | JNB TF1,\$                 | ;AGUARDA ESTOURO                                |
|         | CLR TF1                    | ;DESABILITA TF1                                 |
|         | CLR TR1                    | ;DESABILITA TR1                                 |
|         | DJNZ R0,TIME2              | ;ENQUANTO R0 DIFERENTE DE ZERO, SALTO PARA TIME |
|         | RET                        | ;RETORNO DE SUB-ROTINA                          |

```
*****
;
;      MENSAGENS QUE APARECEM NO LCD
;
*****
```

|        |                       |            |
|--------|-----------------------|------------|
| MSG1:  | DB "SEJA BEM-VINDO"   | ;14d = 0EH |
| MSG2:  | DB "ESCOLHA OPCAO:"   | ;14d = 0EH |
| MSG3:  | DB "SUCESSO NA"       | ;10d = 0AH |
| MSG4:  | DB "IDENTIFICACAO"    | ;13d = 0DH |
| MSG5:  | DB "ERRO NO PROCESSO" | ;16d = 10H |
| MSG6:  | DB "TENTE NOVAMENTE"  | ;15d = 0FH |
| MSG7:  | DB "DIGITAL"          | ;07d = 07H |
| MSG8:  | DB "CADASTRADA"       | ;10d = 0AH |
| MSG9:  | DB "DIGITAL APAGADA"  | ;15d = 0FH |
| MSG10: | DB "COM SUCESSO"      | ;11d = 0BH |
| MSG11: | DB "1-ID 2-DEL 3-CAD" | ;16d = 10H |
| MSG12: | DB "LIMITE ATINGIDO"  | ;15d = 0FH |
| MSG13: | DB "0123456789"       | ;10d = 0AH |
| MSG14: | DB "DIGITAIS: "       | ;10d = 0AH |

\*\*\*\*\*  
 ; CONTADOR DE DIGITAIS CADASTRADAS  
 \*\*\*\*\*

|       |                             |  |
|-------|-----------------------------|--|
| CONT: | MOV A,CONT_DEZ              | :MOVE O CONTEUDO DE CONT_DEZ PARA ACUMULADOR     |
|       | LCALL CONVERSAO             | :CHAMADA À SUBROTINA CONVERSAO                   |
|       | INC CONT_UNI                | :INCREMENTA EM 1 O CONTADOR DE UNIDADES          |
|       | MOV A,CONT_UNI              | :MOVE O CONTEUDO DE CONT_UNI PARA ACUMULADOR     |
|       | LCALL CONVERSAO             | :CHAMADA À SUBROTINA CONVERSAO                   |
|       | CJNE CONT_UNI,#09H,CONT_END | :ENQUANTO CONT_UNI FOR DIFERENTE DE 9, SALTA     |
|       | MOV CONT_UNI,#00H           | :ZERA CONTADOR DE UNIDADES                       |
|       | DEC CONT_UNI                | :DECREMENTA CONTADOR DE UNIDADES                 |
|       | INC CONT_DEZ                | :INCREMENTA CONTADOR DE DEZENAS                  |
|       | CJNE CONT_DEZ,#09H,CONT_END | :ENQUANTO CONT_DEZ FOR DIFERENTE DE 9, SALTA     |
|       | LCALL CONF_LCD              | :CHAMADA À ROTINA DE CONFIGURAÇÃO DE LCD         |
|       | MOV A,#80H                  | :DESLOCA CURSOR PARA POSIÇÃO INICIAL NA 1ª LINHA |
|       | LCALL ENV_INST              | :CHAMADA À ROTINA DE ENVIO DE INSTRUÇÃO          |
|       | MOV DPTR,#MSG12             | :MOVE MSG12 PARA O REGISTRO DPTR                 |
|       | MOV CARAC,#0FH              | :COLOCA 15 DECIMAL NO REGISTRO R0                |
|       | LCALL ESC_LCD               | :CHAMADA À ROTINA DE ESCRITA NO LCD              |

```
CONT_END:      LCALL DELAY3          ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 3
               RET                  ;RETORNO DE SUB-ROTINA
```

```
*****
;
;   CONTADOR DE DIGITAIS APAGADAS
;*****
```

|                       |  |
|-----------------------|--|
| CONT2: MOV A,CONT_DEZ | ;MOVE O CONTEUDO DE CONT_DEZ PARA ACUMULADOR |
| LCALL CONVERSAO       | ;CHAMADA À SUBROTINA CONVERSAO               |
| DEC CONT_UNI          | ;DECREMENTA CONTADOR DE UNIDADES             |
| MOV A,CONT_UNI        | ;MOVE O CONTEUDO DE CONT_UNI PARA ACUMULADOR |
| LCALL CONVERSAO       | ;CHAMADA À SUBROTINA CONVERSAO               |

```

CJNE CONT_UNI,#00H,CONT_END2 ;ENQUANTO CONT_UNI FOR DIFERENTE DE 0, SALTA
MOV ACC,CONT_DEZ             ;MOVE VALOR DO CONTADOR DE DEZENA PARA ACC
JZ CONT_END2                 ;SE ACC=0, PULA PARA CONT_END2
MOV CONT_UNI,#0AH            ;MOVE O VALOR 10 PARA CONTADOR DE UNIDADES
DEC CONT_DEZ                 ;DECREMENTA CONTADOR DE DEZENAS
CJNE CONT_DEZ,#00H,CONT_END2 ;ENQUANTO CONT_DEZ FOR DIFERENTE DE 0, SALTA

CONT_END2:    LCALL DELAY3      ;CHAMADA À ROTINA DE ATRASO 3
              RET              ;RETORNO DE SUB-ROTINA

;*****
;
;  CONVERSÃO PARA ASCII
;*****

CONVERSAO:    MOV DPTR,#MSG13    ;MOVE MSG13 PARA O REGISTRO DPTR
              MOVC A,@A+DPTR     ;MOVE O CONTEÚDO DO ENDEREÇO DE A+DPTR PARA ACUMULADOR
              LCALL DADO         ;CHAMADA À SUB-ROTINA DADO
              RET               ;RETORNO DE SUB-ROTINA

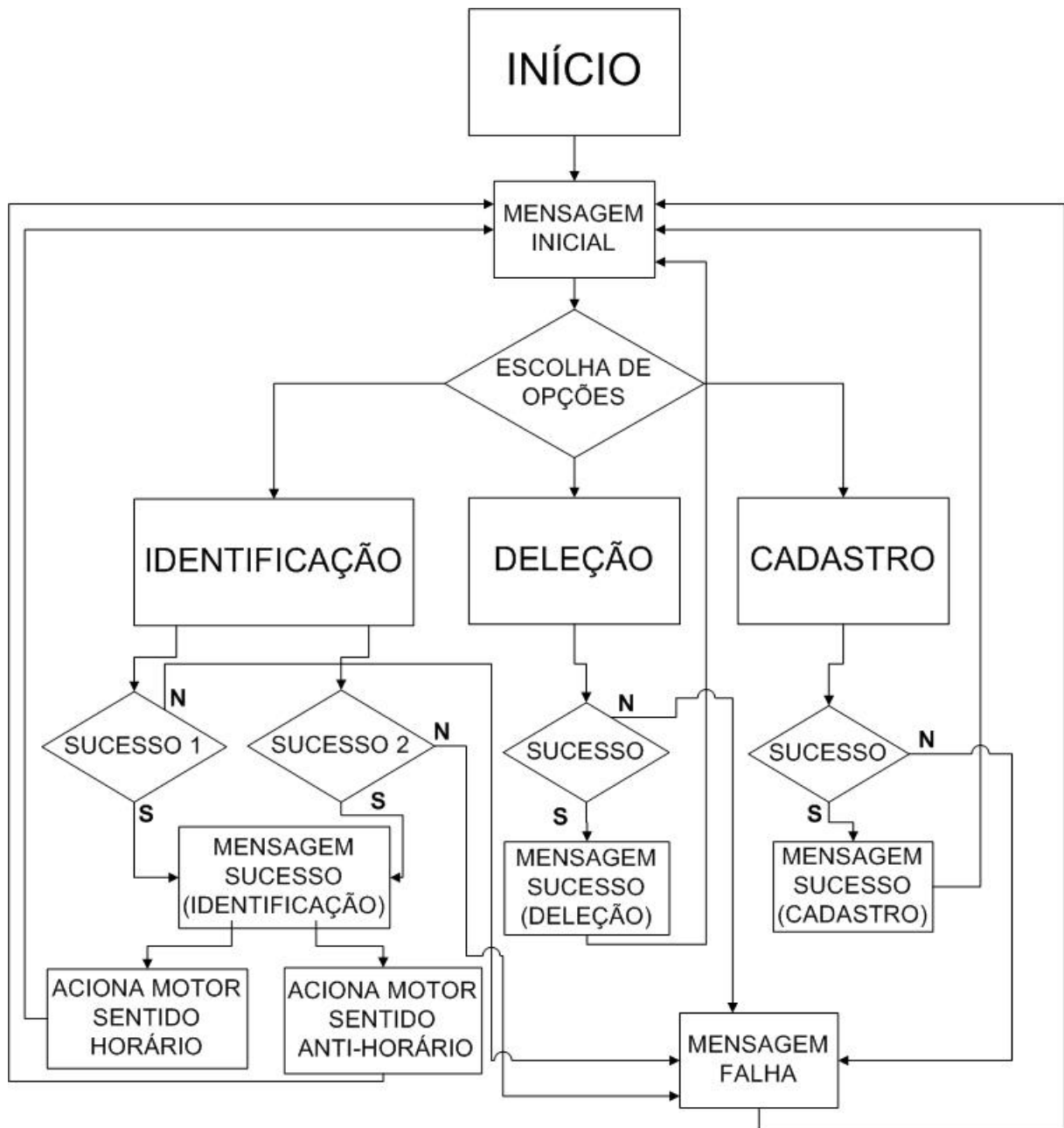
END           ;FIM DO PROGRAMA

```

## APÊNDICE B – TABELA DE CUSTOS

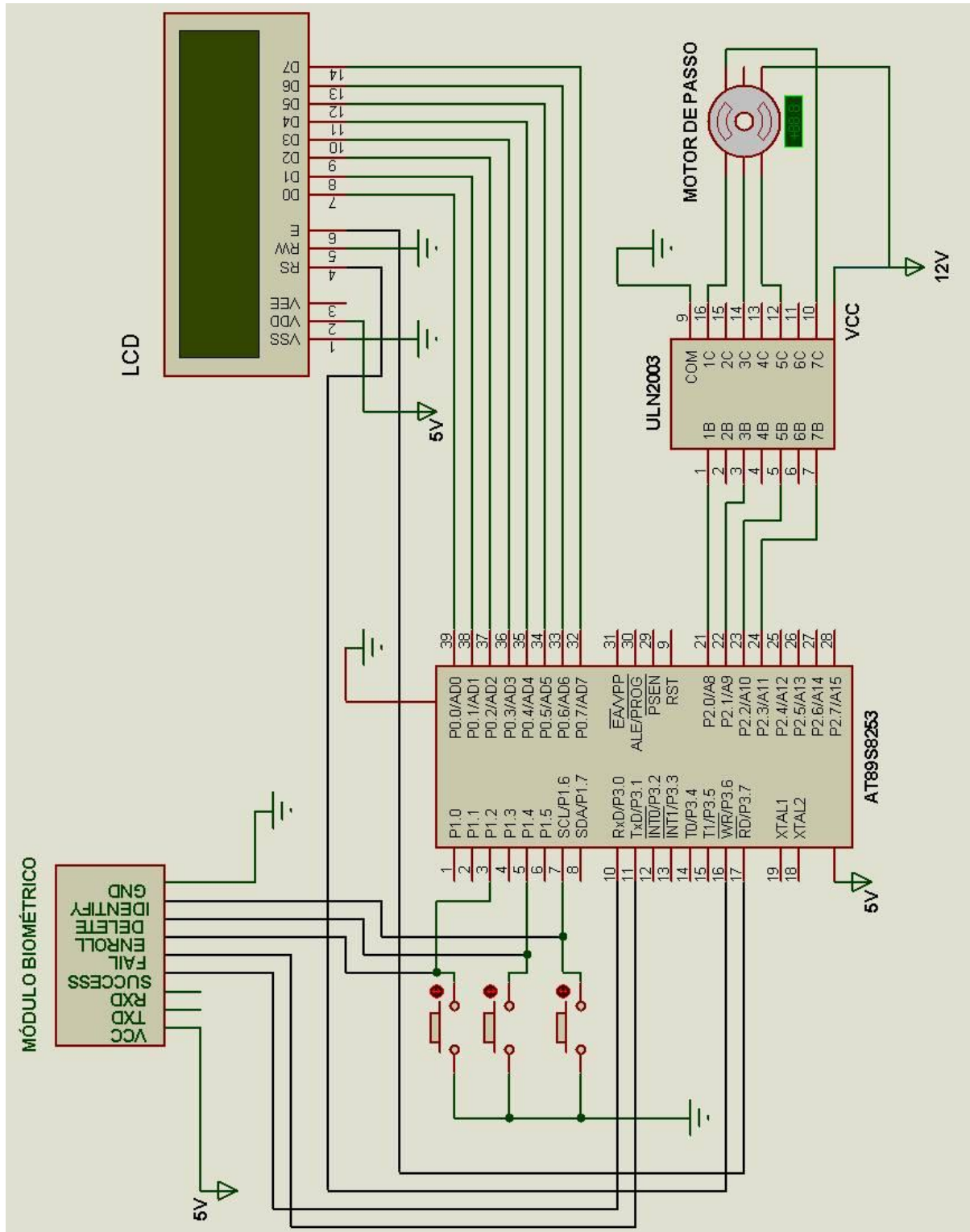
| Nome do Equipamento                 | Custo        |
|-------------------------------------|--------------|
| Adaptador Dual DB9                  | R\$ 3,80     |
| Barra de pinos Kono 2 unidades      | R\$ 3,00     |
| Cabo DB15 Macho + DB9 Macho         | R\$ 12,00    |
| Chave Touch 3 unidades              | R\$ 2,40     |
| Chaves Tátil 6 unidades             | R\$ 3,00     |
| Conectores para fios jumpers        | R\$ 6,00     |
| Diodos 1N4148 6 unidades            | R\$ 0,60     |
| Fio Jumper 5 metros                 | R\$ 1,75     |
| Fonte 12V 125P 500mA                | R\$ 23,00    |
| Fonte 5V 600mA                      | R\$ 24,85    |
| Fonte 5V 600mA                      | R\$ 20,00    |
| Kit 8051 XN                         | R\$ 390,00   |
| Leds Vermelhos (Brilhosos) + Pinos  | R\$ 15,50    |
| Leds vermelhos 3 unidades           | R\$ 0,60     |
| Módulo FIM3030HV                    | R\$ 390,00   |
| Motor de passo 12V e 160mA          | R\$ 110,00   |
| Protoboard MP-830                   | R\$ 17,00    |
| Protoboard MP-830                   | R\$ 16,00    |
| Resistores 1/4W 12 unidades         | R\$ 1,20     |
| Terminal Estanhado Kono 50 unidades | R\$ 5,00     |
| ULN2003 (3 unidades)                | R\$ 6,00     |
| Total                               | R\$ 1.051,70 |

## APÊNDICE C – TOPOLOGIA DO PROJETO



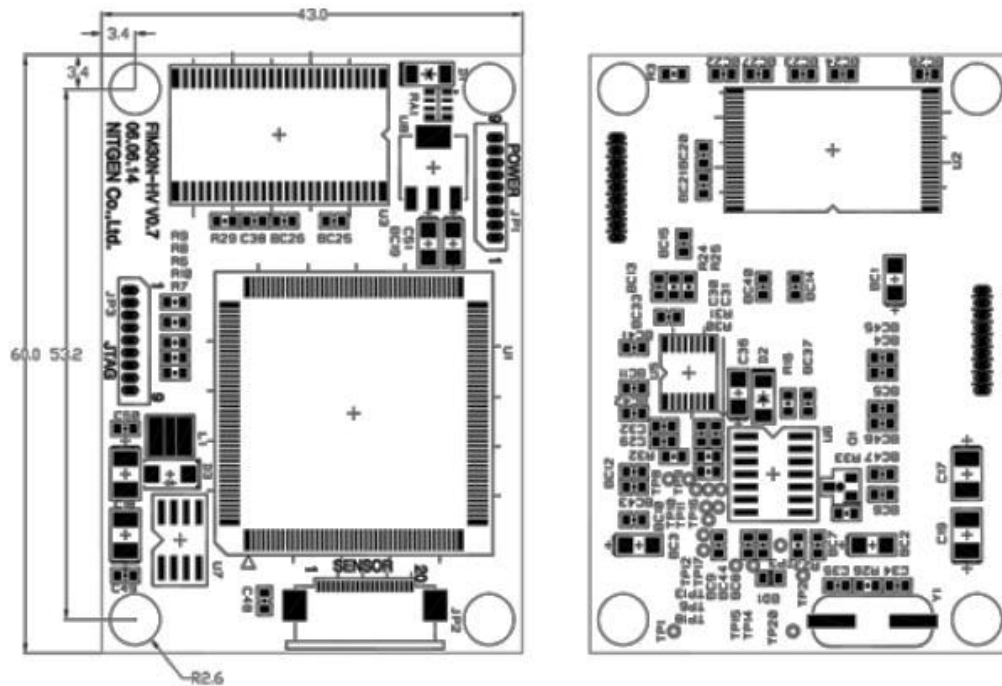


## APÊNDICE D – ESQUEMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO



## ANEXO A – DIMENSÃO DO MÓDULO FIM3030HV

FIM30xx



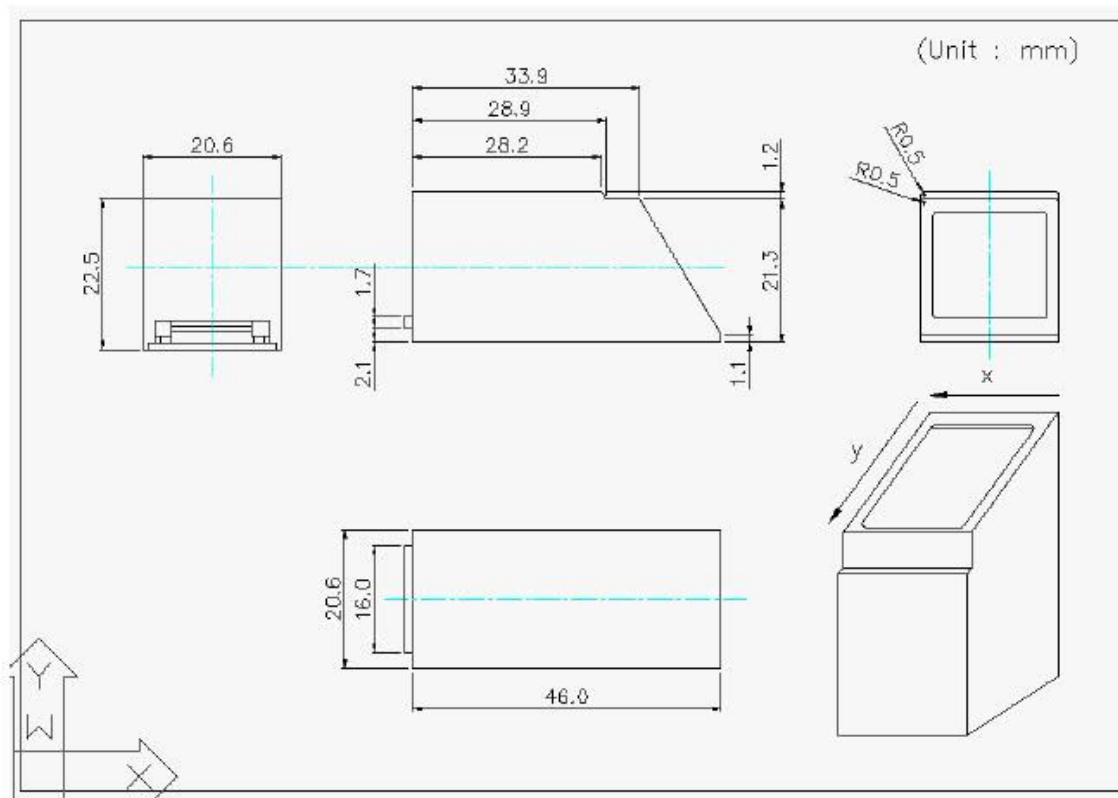
FIM3030-HV/FIM3040-HV

## ANEXO B – DIMENSÃO DO SENSOR DO MÓDULO FIM3030HV

**FIM30xx**



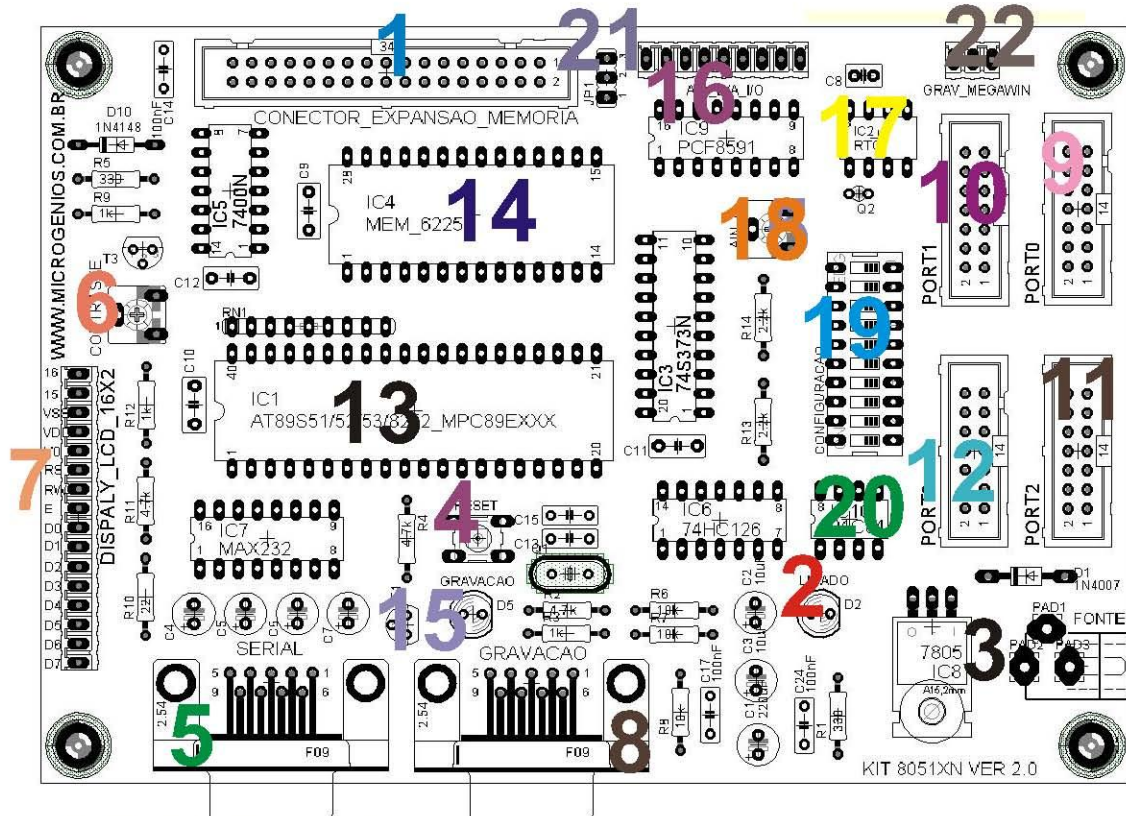
**The feature of Optical fingerprint sensor**



**The Dimension of OPP03**

## ANEXO C – DIMENSÃO DO KIT 8051XN

### Descrição dos componentes na placa controladora



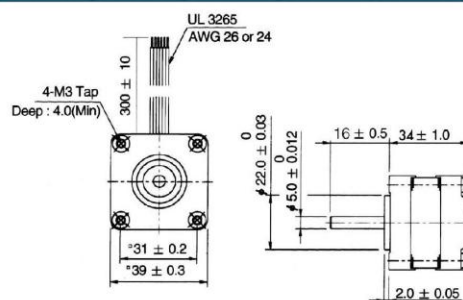
#### Número: Função:

- 1 - Conector de 34 vias para expansão de memória
- 2 - Led power
- 3 - Fonte de alimentação regulada, permite fonte de 9 a 15V DC plug central positivo
- 4 - Tecla de Reset - reset manual
- 5 - Conector DB9 fêmea do canal de comunicação serial RS232
- 6 - Trimpot para ajuste de contraste LCD
- 7 - Conector 16 vias para encaixe do LCD
- 8 - Conector DB9 macho para gravação ISP
- 9 - Porta de Expansão P0
- 10 - Porta de Expansão P1
- 11 - Porta de Expansão P2
- 12 - Porta de Expansão P3
- 13 - Microcontrolador AT89S8253 - 100% compatível com a família 8051
- 14 - Memória RAM 62256 de 32Kb
- 15 - Led Gravação
- 16 - Conversor PCF8591 e conector A/D\_D/A\_I/O
- 17 - RTC PCF8583
- 18 - Trimpot AIN\_0
- 19 - DIP SWITCH de configuração da placa
- 20 - Memória serial EEPROM 24C04
- 21 - Jumper JP1
- 22 - Jumper GRAY\_MEGAWIN

## ANEXO D – DATASHEET DO MOTOR DE PASSO

### MOTOR DE PASSO - SM1.8 - NEMA 16

#### DIMENSIONAL



#### ESPECIFICAÇÕES

| MODELO       | ESQUEMA DE LIGAÇÃO | TENSÃO NOMINAL<br>(V <sub>dc</sub> ) | CORRENTE<br>(A/fase) | RESISTÊNCIA<br>(OHMS/fase) | INDUTÂNCIA<br>(mH/fase) | HOLDING TORQUE<br>(Kgf.cm) | DETENT TORQUE<br>(gf.cm) | INÉRCIA DO ROTOR<br>(g.cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>(g) |
|--------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|--|-------------|
| SM1.8-A16-SE | UNIPOLAR           | 12                                   | 0,16                 | 75,0                       | 85,0                    | 1,1                        | 0,08                     | 20                                       | 200         |

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Ângulo de Passo         | 1,8°                     |
| Nº de Fases             | 2                        |
| Passos / Volta          | 200                      |
| Temp. Ambiente          | -10°C a 50°C             |
| Resistência da Isolação | 100 Ohm / DC500V         |
| Rigidez Dielétrica      | Ac 500V / 1 min.         |
| Classe de Isolação      | B                        |
| Folga Radial (máx.)     | 0,03mm/máx. - Carga=400g |
| Folga Axial (máx.)      | 0,08mm/máx. - Carga=500g |

#### SEQUÊNCIA DE FASES

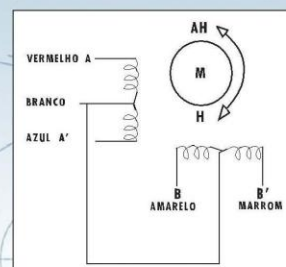
| Passo | A | B | A' | B' | Branco |
|-------|---|---|----|----|--------|
| 0     | - | - |    |    | +      |
| 1     |   | - | -  |    | +      |
| 2     |   |   | -  | -  | +      |
| 3     | - |   |    | -  | +      |
| 4     | - | - |    |    | +      |

Rotação horária - visto lado acionamento.



Especificações sujeitas a alteração sem aviso prévio.

#### ESQUEMA DE LIGAÇÃO



**ACTION**  
TECHNOLOGY

TEL. 55-19 3936-2133 - FAX 55-19 3936-2137  
e-mail: actionmotors@actionmotors.com.br • www.actiontechnology.com.br